

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA**



**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT  
PENDETEKSI KADAR GLUKOSA DALAM DARAH  
MENGUNAKAN MIKROKONTROLLER RENESAS  
R8C/13 TINY YANG DILENGKAPI DENGAN LCD  
SEBAGAI TAMPILAN**

**SKRIPSI**

*Disusun Oleh :*  
**DJOKO PRIHATIN**  
**NIM: 01.17.095**

**SEPTEMBER 2006**

---

# LEMBAR PERSETUJUAN


## PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENDETEKSI KADAR GLUKOSA DALAM DARAH MENGGUNAKAN MIKROKONTROLLER RENESAS R8C/13 TINY YANG DILENGKAPI DENGAN LCD SEBAGAI TAMPILAN

### SKRIPSI

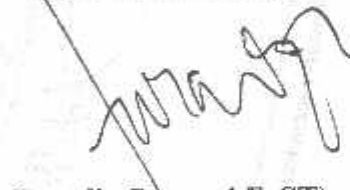
*Disusun dan diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik Elektronika Strata Satu (S-1)*

*Disusun Oleh :*  
**DJOKO PRIHATIN**  
**01.17.095**

Diperiksa dan Disetujui  
Dosen Pembimbing I

  
**(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)**  
**NIP.Y. 1039500274**

Diperiksa dan Disetujui  
Dosen Pembimbing II

  
**(Irmalia Suryani F, ST)**  
**NIP.P. 1030100365**

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1  
  
**(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)**  
**NIP.Y. 1039500274**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**DJOKO PRIHATIN, 2006. Judul "Perencanaan dan Pembuatan Alat Pendeteksi Kadar Glukosa Dalam Darah Menggunakan Mikrokontroller Renesas R8C/13 Tiny Yang Dilengkapi Dengan LCD Sebagai Tampilan", Skripsi Jurusan Teknik Elektro Strata 1, Program Studi Teknik Elektronika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang. Dosen Pembimbing I : Ir. F. Yudi Limpraptono, MT. Dosen Pembimbing II : Irmalia Suryani F, ST**

---

## **ABSTRAKSI**

Kata kunci : Pendeteksi, Test Strips, Mikrokontroller Renesas R8C/13 Tiny, LCD

Alat pendeteksi kadar glukosa dalam darah ini adalah untuk mengetahui apakah seseorang terkena diabetes millitus atau tidak sehingga dapat dipakai sebagai acuan dini bagi seseorang untuk melakukan tindakan selanjutnya terhadap penyakitnya.

Pada alat ini menggunakan sensor jenis *Blood Glucose Sensor Elektrode* atau bisa juga disebut *Test Strips*. Sensor ini sudah dilengkapi dengan *Reagent* yaitu senyawa kimia yang bereaksi dengan gula dalam darah. Sensor bekerja berdasarkan prinsip kerja sel volta, dimana terdapat dua buah elektroda yang diletakkan dengan jarak yang cukup dekat, sehingga diantara elektroda tersebut terdapat beda potensial diantara keduanya. Semakin besar kadar glukosa dalam darah maka semakin besar pula beda potensial yang dihasilkan.

Alat ini memanfaatkan sistem elektronika yaitu sistem digital dan mikrokontroller sebagai pengolah data sehingga dapat menghasilkan pengukuran yang cepat dan hasil pengukuran dapat langsung dilihat pada tampilan yang berupa LCD

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, hidayah serta segala karunia-Nya, akhirnya penyusun dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Perencanaan dan Dan Pembuatan Alat Pendeteksi Kadar Glukosa Dalam Darah Menggunakan Mikrokontroller Renesas R8C//13 Tiny Yang Dilengkapi Dengan LCD Sebagai Tampilan”**. Laporan skripsi ini merupakan salah satu persyaratan kelulusan Srata 1 Jurusan Teknik Elektro Program Studi Elektronika, Institut Teknologi Nasional Malang.

Keberhasilan penyusunan laporan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Untuk itu penyusun menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT, yang telah memberikan segala kemudahan sehingga laporan skripsi ini dapat selesai.
2. Bapak Dr. Ir Araham Lomi, MSSE selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSME selaku Dekan Fakultas Teknologo Nasional Malang.
4. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1.
5. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT selaku Dosen Pembimbing I.
6. Ibu Irmalia Suryani F, ST selaku Dosen Pembimbing II

7. Ayah dan Ibu serta saudara-saudara kami yang telah memberikan do'a restu, dorongan, semangat, dan biaya.
8. Teman-teman yang telah membantu dalam penyusunan laporan skripsi ini.

Penyusun telah berusaha semaksimal mungkin dan menyadari sepenuhnya akan keterbatasan pengetahuan dalam menyelesaikan laporan ini. Untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca demi kesempurnaan laporan ini.

Harapan penyusun semoga laporan skripsi ini memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan pembaca.

Malang, September 2006

*Penyusun*

## DAFTAR ISI

	Hal.
<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAKSI.....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>viii</b>
<b>BAB 1     PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan.....	2
1.3. Rumusan Masalah .....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Metodologi .....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II    DASAR TEORI</b>	
2.1. Pendahuluan .....	5
2.2. Teori Tentang Diabetes Millitus .....	5
2.2.1. Glukosa Darah.....	7
2.2.2. Pemeriksaan Gula Darah.....	8
2.3. Sensor Diabetes Millitus .....	8
2.4. Operasional Amplifier (OP-AMP) .....	10
2.4.1. Penguat Tak Membalik (Non-Inverting).....	10
2.5. Mikrokontroller Renesas R8C/13 Tiny (R5F21134FP).....	12
2.5.1. Spesifikasi R5F21134FP .....	12
2.5.2. Kelebihan Kunci R8C/13 Tiny.....	12
2.5.3. Konfigurasi PinR8C/13 Tiny .....	14
2.5.4. Peripheral R8C/13 Tiny R5F21134FP .....	17

2.6. LCD ( Liquid Crystal Display ).....	21
2.6.1. Instruksi Operasi.....	25
2.6.2. Operasi Dasar .....	27
2.6.3. Sinyal Interfase M1632 .....	29
 <b>BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT</b>	
3.1. Pendahuluan .....	31
3.2. Perencanaan Perangkat Keras .....	31
3.2.1. Transduser .....	32
3.2.2. Penguat Tak Membalik (Non-Inverting) .....	34
3.2.3. Perancangan Mikrokontroller Renesas R8C/13 Tiny.....	36
3.2.4. Perancangan Rangkaian LCD.....	37
3.3. Perencanaan Perangkat Lunak .....	39
 <b>BAB IV PENGUKURAN DAN PENGUJIAN</b>	
4.1. Sistematika Kerja Rangkaian .....	41
4.2. Pengujian dan Pengukuran Alat .....	42
4.2.1. Pengujian Tanpa Beban .....	42
4.2.2. Pengujian Dengan Beban.....	42
4.2.3. Pengujian Pengkondisi Sinyal .....	44
4.3. Cara Pengoperasian Alat .....	46
4.4. Spesifikasi Alat .....	47
 <b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1. Kesimpulan .....	48
5.2. Saran.....	48
 <b>DARTAR ACUAN .....</b>	<b>49</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>50</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>51</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Hal.
Gambar 2.1. Blood Glucose Test Strips.....	9
Gambar 2.2. Simbol Op-Amp .....	10
Gambar 2.3. Penguat Tidak Membalik .....	11
Gambar 2.4. Blok Diagram R8C/11,13 dan Peta Peripheral.....	13
Gambar 2.5. Konfigurasi Pin R8C/13 R5F21134FP.....	14
Gambar 2.6. Diagram Blok ADC.....	18
Gambar 2.7. Diagram Blok LCD .....	22
Gambar 2.8. LCD (Liquid Crystal Display).....	28
Gambar 2.9. Mengirim/Mengambil DataKe/Dari M1632 .....	29
Gambar 3.1. Blok Diagram Perencanaan.....	31
Gambar 3.2. Blood Glucose Test Strips.....	33
Gambar 3.3. Penguat Non-Inverting .....	34
Gambar 3.4. Minimum Sistem Mikrokontroller Renesas R8C/13 Tiny .....	36
Gambar 3.5. Perancangan Rangkaian LCD (Liquid Crystal Display) .....	38
Gambar 3.6. Flowchart Sistem Kerja.....	40
Gambar 4.1. Sensor Blood Glucose Test Strips.....	44



## DAFTAR TABEL

	Hal.
Tabel 2.1. Kadar Glukosa Normal.....	7
Tabel 2.2. Nilai Referensi Kadar Glukosa.....	7
Tabel 2.3. Konfigurasi Pin-Pin dari R8C/13 R5F21134FP.....	15
Tabel 2.4. Mode-Mode Timer .....	19
Tabel 2.5. Fungsi Tiap Pin LCD .....	24
Tabel 2.6. Instruksi Pada LCD .....	25
Tabel 2.7. Pemilihan Register Pada LCD.....	27
Tabel 4.1. Hasil Pengukuran .....	43
Tabel 4.2. Hasil Perhitungan dan Pengujian Vout Penguat .....	46

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. LATAR BELAKANG**

Dalam penggunaan dan perkembangan teknologi canggih khususnya dibidang elektronika. Peranan elektronika cukup besar dan mendominasi kemajuan yang ada, salah satunya adalah penerapan dan penggunaan sistem elektronika sebagai alat ukur. Dalam bidang elektronika sistem elektronika dapat digunakan sebagai alat ukur, diantaranya adalah sebagai alat ukur kadar glukosa dalam darah. Pengukuran kadar glukosa dalam darah ini bertujuan terutama untuk mengetahui secara dini, apakah seseorang tersebut menderita penyakit diabetes atau tidak dan juga memberikan acuan bagi seorang pasien yang telah menderita penyakit diabetes agar dapat mengetahui perkembangan dan tindakan selanjutnya terhadap penyakitnya.

Alat ukur ini memanfaatkan sistem elektronika yaitu sistem digital dan mikrokontroller sebagai pengolah datanya sehingga dapat menghasilkan pengukuran yang lebih cepat, dan hasil proses pengukuran dapat langsung dilihat pada tampilan yang berupa LCD.

Dengan pemikiran tersebut dibuat suatu alat yang mudah dan murah. Sehingga masyarakat dapat mengetahui dirinya terkena diabetes secara dini.

## **1.2. TUJUAN**

Tujuan dalam Skripsi adalah untuk membuat suatu alat yang dapat mengukur kadar glukosa dalam darah dengan kecepatan hasil pengukuran yang memadai serta mengetahui seseorang terkena diabet sehingga sebagai acuan dini bagi seseorang untuk melakukan tindakan selanjutnya terhadap penyakitnya dengan menggunakan Mikrokontroller RENESAS R8C/13 TINY sebagai pengolah data.

## **1.3. RUMUSAN MASALAH**

Studi dalam Skripsi ini diarahkan pada permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana merencanakan dan membuat alat pendeteksi kadar glukosa dalam darah dengan menggunakan sensor
2. Bagaimana merencanakan dan membuat rangkaian penguat dari keluaran sensor
3. Bagaimana membuat perangkat lunak berbasis Mikrokontroller RENESAS R8C/13 TINY
4. Bagaimana mengolah data yang diperoleh dengan memanfaatkan Mikrokontroller RENESAS R8C/13 TINY

## **1.4. BATASAN MASALAH**

Penulisan dalam Skripsi ini agar tidak memperluas permasalahan maka sebagai batasan masalah sebagai berikut:

1. Alat yang dibuat digunakan sebagai pendeteksi dini Diabetes Millitus
-

2. Alat yang dibuat hanya untuk mengukur kadar glukosa didalam darah
3. Sensor yang dipakai adalah jenis sensor Blood Glucose Test Stripe
4. Senyawa kimia dalam darah tidak dibahas secara mendetail
5. Mikrokontroller yang digunakan adalah RENESAS R8C/13 TINY
6. Tidak membahas power supply

### **1.5. METODOLOGI PENULISAN**

Beberapa Metodologi yang penulis gunakan dalam menyusun dan menganalisa alat ini adalah :

1. Melakukan studi literatur yang berhubungan dengan perencanaan dan pembuatan alat ini.
2. Melakukan pengamatan terhadap pemrosesan pengujian Glukosa dalam darah yang telah ada untuk diaplikasikan pada sistem elektronik yang akan dibuat.
3. Mengumpulkan data yang diperlukan.
4. Perencanaan dan pembuatan alat yaitu merealisasikan peralatan yang telah dirancang baik perangkat keras maupun perangkat lunak.
5. Melakukan pengujian peralatan yang telah dibuat, apakah telah sesuai dengan yang direncanakan.

### **1.6. SISTEMATIKA PENULISAN**

Agar sistematika dan pencapaian pemahaman yang tepat, maka skripsi ini disusun dalam beberapa bab yaitu :

---

**BAB I      PENDAHULUAN**

Berisi Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan, Batasan Masalah dan Sistematika Penulisan.

**BAB II     TEORI DASAR**

Membahas tentang teori Diabetes Millitus, Glukosa dalam darah, Sensor yang digunakan, Penguat tidak membalik (Non Inverting) Mikrokontroller RENESAS R8C/13 TINY dan LCD

**BAB III    PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT**

Membahas tentang proses perencanaan dan pembuatan perangkat Keras dan perangkat lunak.

**BAB IV    PENGUJIAN ALAT**

Membahas tentang hasil pengujian terhadap perangkat keras dan Perangkat lunak.

**BAB V     KESIMPULAN DAN SARAN**

Membahas tentang kesimpulan yang diperoleh dari perencanaan Dan pengujian alat dan saran-saran untuk pengembangan lebih Lanjut.

**LAMPIRAN-LAMPIRAN**

---

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1. Pendahuluan**

Pada bab ini akan dibahas mengenai teori penunjang dari peralatan yang direncanakan. Teori penunjang ini akan membahas tentang komponen dan peralatan pendukung pada alat yang dibuat. Pokok pembahasan pada bab ini adalah:

- Teori tentang Diabetes Millitus.
- Sensor Diabetes Millitus
- Operasional Amplifier (OP-AMP).
- Mikrokontroller Reneses R8C/13 Tiny
- LCD (Liquid Crystal Display).

#### **2.2. Teori Tentang Diabetes Millitus**

Diabetes Millitus atau penyakit gula merupakan penyakit menahun (kronik) dengan komplikasi yang baru terlihat sekitar 5-10 tahun kemudian. Diabetes Millitus sering juga disebut sebagai *The Great Imitator*, karena penyakit ini dapat mengenai semua organ tubuh dan menimbulkan berbagai macam keluhan. Penyakit ini pada seseorang terutama terlihat dari gejala sering buang air kecil yang mengandung glukosa. Penyakit gula ini sering pula berlangsung tanpa keluhan atau gejala sampai kemudian mengakibatkan kerusakan-kerusakan pada organ tubuh misalnya jantung, saraf pembuluh darah, ginjal, otak, mata, kulit, dan

---

lain-lain yang dapat mengakibatkan cacat serta kematian. Keluhan utama yang sering dirasakan penderita Diabetes Millitus adalah kelainan kulit misalnya, gatal-gatal atau bisul-bisul, kelainan ginekologis, kesemutan, kelemahan tubuh, luka/bisul yang tidak sembuh-sembuh, infeksi saluran kemih.

Diabetes Millitus disebabkan kurangnya *hormon insulin* didalam darah yang dihasilkan dari pankreas. Disamping insulin, Pancreas juga menghasilkan *Hormon Glukagons*. Kedua hormon ini bersama-sama mengontrol kadar glukosa dalam darah. *Hormon Insulin* membantu sel-sel untuk menyerap dan menggunakan glukosa sebagai energi yang diperlukan seluruh tubuh. Glukosa disimpan dalam hati dalam bentuk bahan yang disebut *Glycogen*. Apabila glukosa diperlukan oleh tubuh maka *hormone glucogen* akan memecah *glycogen* menjadi glukosa yang kemudian masuk ke dalam darah untuk diangkut keseluruh tubuh. Jadi *Insulin* mengurangi jumlah glukosa dalam darah, sedangkan *Glucagon* meningkatkan kadar glukosa dalam darah. Pancreas yang tidak menghasilkan cukup banyak *Insulin* dapat mengakibatkan keadaan yang disebut Diabetes (Kencing Manis). Kadar glukosa dalam darah menjadi sangat tinggi karena sel-sel tubuh tidak dapat menggunakannya. Sebagai gantinya sel-sel memperoleh energi dengan memecah lemak yang tersimpan dalam tubuh sehingga penderita diabetes akan menjadi semakin kurus karena kehilangan lemak. Sedangkan dalam darah mengandung banyak glukosa yang sebagian akan keluar tubuh bersama urine. Demikian pula dengan *Hemoglobin* yang juga memiliki kaitan erat dalam glukosa darah. *Hemoglobin* akan mengikat glukosa darah sesuai dengan banyaknya glukosa darah yang telah diproduksi. Berdasarkan hal tersebut diatas, parameter yang

---

dapat diambil untuk mrngetahui apakah seseorang menderita Diabetes Millitus atau tidak adalah kadar glukosa, kadar *Hemoglobin*, serta *Insulin* dalam darah. Namun dengan memakai 1 parameter yaitu kadar glukosa dalam darah setidaknya telah dapat memberikan analisa awal bagi seseorang apakah menderita Diabetes Millitus atau tidak dan nantinya dapat dipergunakan dalam mengatasi penyakit tersebut. (sumber: *A. Tjokroprawiro, Diabetes Mellitus, 1986*)

### 2.2.1. Glukosa Darah

Fungsi glukosa dalam adalah sebagai sumber energi bagi tubuh. Dengan bantuan *Insulin* , kadar gula dapat digunakan oleh otot, misalnya sebagai sumber energi bagi aktifitas otot.

Gula darah terbentuk dari zat-zat makanan yang mengandung karbohidrat yang dengan bantuan enzim tertentu mampu mengubahnya menjadi glukosa darah, serta dari makanan yang memang mengandung glukosa didalamnya. Glukosa darah yang berlebihan dapat mengakibatkan racun bagi seseorang.

Nilai normal glukosa dalam darah pada alat yang dibuatini berdasarkan pada *Boehringer Mannheim* Indonesia seperti pada tabel dibawah ini :

**Tabel 2-1 Kadar Glukosa Normal <sup>[1]</sup>**

Jenis	Mg/dl	Mmol/l
Darah	70 - 100	3,89 – 5,53
Serum, Plasma	76 - 110	4,22 – 6,11



Kadar glukosa darah setiap saat mempunyai nilai yang berbeda seperti yang ditunjukkan pada tabel 2-2 dibawah ini :

**Tabel 2-2 Nilai Referensi Kadar Glukosa <sup>[2]</sup>**

Glukosa puasa	70 – 110 mg/dl
Glukosa 2 jam PP (post pandrial)	< 140 mg/dl
Glukosa sewaktu-waktu	< 180 mg/dl

### 2.2.2. Pemeriksaan Gula Darah (Glukosa)

Secara garis besar, terdapat 2 metode penentuan gula darah, yaitu :

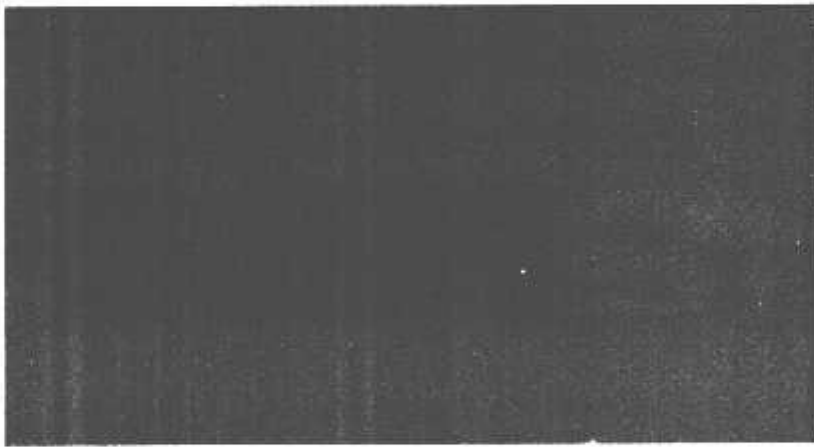
1. Secara Kimiawi, biasanya berdasarkan pada reaksi reduksi.
2. Secara Enzimatik, menggunakan *Glucose Oxidize/Hexokinase*.

Sebagai pedoman, diperkirakan bahwa hasil penentuan glukosa secara reduksi akan memberikan hasil 3,6 – 10,8 % lebih tinggi daripada cara enzimatik. Perbedaan ini akan lebih besar lagi bila terdapat peningkatan Kretini dan Asam Urat. Sedangkan pada metode enzimatik mungkin akan didapat hasil yang lebih rendah bila terdapat bahan berpengaruh negative, misalnya vitamin C.

### 2.3. Sensor Diabetes Mellitus

Sensor yang digunakan dalam pendeteksi kadar glukosa dalam darah ini adalah sensor jenis *Blood Glucose Test Strips*. Pada sensor ini terdapat *Reagent* yang hanya bereaksi dengan glukosa dalam darah. Pengertian dari *Reagent* adalah *senyawa kimia yang bereaksi dengan gula dalam darah*. Pada sensor ini sudah

dilengkapi dengan reagent glukosa yaitu Glucose Oxidase 32.36 Unit, Pottassium Ferricyanide 0.15 mg, Immobilizer 0.02 mg dan Stabilizer 0.02 mg. Sensor ini bekerja berdasarkan potensial listrik yang dihasilkan oleh reaksi glukosa dengan reagent pada elektroda-elektoda strip. Elektroda-elektroda yang digunakan mempunyai perbedaan jenis atom yang akan mengakibatkan nilai energi ( $E+Volt$ ) yang berbeda pula sesuai dengan prinsip elektro volta. Oleh karena glukosa pada sample darah yang bereaksi dengan Glucose Oxidase dan Pottssium Ferricyanide akan menurunkan elektroda yang menghasilkan arus yang proposional dengan kadar glukosa dalam sample. Setelah mencapai waktu reaksi yang spesifik pada alat, maka konsentrasi glukosa dari sample akan ditampilkan.



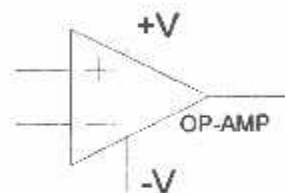
**Gambar 2-1 Blood Glucose Test Stripe<sup>[3]</sup>**

*Prinsip kerja Elemen Volta* yaitu dimana dua buah elektroda dengan energi elektro yang berbeda diletakkan dengan jarak yang cukup dekat. Sehingga diantara elektroda tersebut terdapat beda tegangan diantara keduanya. Semakin besar kadar konsentrasi glukosa dalam darah maka akan semakin besar pula beda potensial yang akan dihasilkan.

## 2.4. Operasional Amplifier (Op – Amp)

Penguat Operasional (OP-Amp) adalah suatu rangkaian yang menerima sebuah isyarat pada masukannya dan mengeluarkan isyarat tak berubah yang lebih besar keluarannya. Penguat terdiri dari kombinasi antara *operating amplifier* (*OP-Amp*) yang dirangkai bersama komponen pasif seperti tahanan dan kondensator.

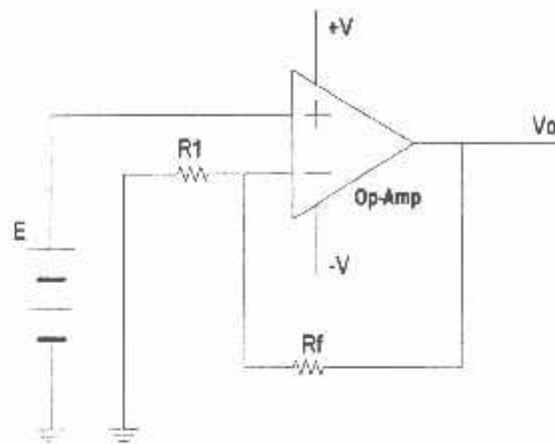
Simbol dari Op-Amp ditunjukkan pada gambar 2-1 berikut ini, dimana Op-Amp terdiri dari 2 (dua) terminal catu daya, dua terminal *input* dan satu terminal *output*.



Gambar 2-2 Simbol Op-Amp <sup>[4]</sup>

### 2.4.1. Penguat tidak membalik (Non Inverting)

Penguat tak membalik adalah penguat dimana tegangan *output* sefasa dengan tegangan *input*. Pada gambar 2-2 dibawah ini merupakan rangkaian dari penguat tidak membalik.



**Gambar 2-3 Penguat Tidak Membalik** <sup>[5]</sup>

Apabila tegangan antara terminal *input* (-) dengan terminal *input* (+) menunjukkan 0 Volt, maka besar tegangan *input* (-) dengan tegangan *input* (-) terhadap ground (GND) yaitu sebesar  $E1$  volt. Arus yang melewati tahanan  $R1$  sebesar :

$$I = E1/R1 \text{ ampere} \dots\dots\dots (1)$$

Arus tegangan dari polaritas tegangan  $E1$ . Arus akan melewati tahanan umpan balik  $Rf$ , sehingga pada tahanan  $Rf$  diperoleh :

$$VRf = I \cdot Rf \text{ ampere} \dots\dots\dots (2)$$

Dengan mensubsitusikan persamaan (1) dan (2), maka akan didapatkan :

$$VRf = E1/R1 \cdot Rf \text{ Volt} \dots\dots\dots (3)$$

Tegangan output ( $v$ ) diperoleh dari penjumlahan tegangan pada  $R1$  dengan tegangan pada  $Rf$ , yaitu :

$$V = E1 + VRf$$

$$V = E1 + Rf/R1 \cdot E1 \text{ Volt}$$

$$V = (1 + Rf/R1) \cdot E1 \text{ Volt} \dots\dots\dots (4)$$

Besar tegangan diperoleh dari tegangan output berbanding dengan tegangan input, dimana diperoleh penguatan ( $A_o$ ) :

$$A_o = V_o/E_1$$

$$A_o = (1 + R_f/R_1) \text{ kali..... (5)}$$

## 2.5. Mikrokontroller Renesas R8C/13 Tiny (R5F21134FP)

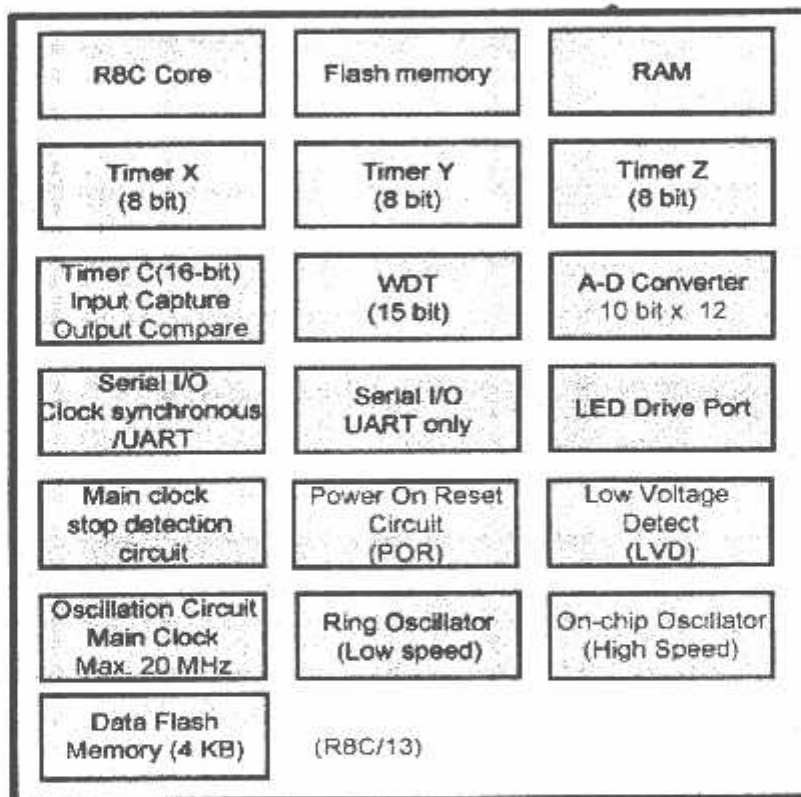
*Renesas Technology* adalah produsen semikonduktor tingkat internasional. Renesas terbangun dari gabungan dua produsen semikonduktor, yaitu Mitsubishi dan Hitachi. Sebagai produsen semikonduktor, renesas juga mengeluarkan berbagai jenis keluarga mikrokontroler (MK).

Renesas R8C adalah salah satu jenis seri dalam keluarga MK M16C. CPU R8C sama dengan CPU CISC 16-bit M16C, hanya saja lebar jalur data R8C adalah 8-bit. Karena menggunakan CPU yang sama maka R8C memiliki *instruction set* hampir sama dengan M16C. Perbedaannya hanya terletak pada 2 instruksi, yaitu R8C tidak memiliki instruksi JMPS (*Jump Special Page*) dan JSRS (*Jump Subroutine Special Page*). R8C/13 adalah salah satu tipe MK dalam seri R8C. MK ini memiliki kemasan 32-pin LQFP. Dalam perancangan pada skripsi ini menggunakan menggunakan MK seri R5F21134, yaitu R8C/13 yang memiliki Flash ROM 16 KB (1000 E/W *cycles*) dan RAM sebesar 1 KB.

### 2.5.1. Spesifikasi R5F21134FP

Berikut ini adalah spesifikasi *R5F21134FP* dengan peta peripheral dan memori-memorinya.

- Mempunyai *CPU Core* (16-bit) 1 – 20 MHz, 3.0 – 5.5 Volt dan 1 – 10MHz 2.7 – 5.5 Volt.
- Rangkaian Clock, kecepatan *Low/High On-Chip Oscillator*. Clock utama dengan Xin/Xout.
- Memory (ROM/SRAM) 16 Kbytes / 1 Kbytes, 2 x 2 K Bytes Data Flash pada R8C/12, 13.
- Kemasan 32 pin LQFP (7mm x 7mm)



**Gambar 2-4 Blok Diagram R8C/11, 13 dan Peta *Peripheral*-nya** <sup>[6]</sup>

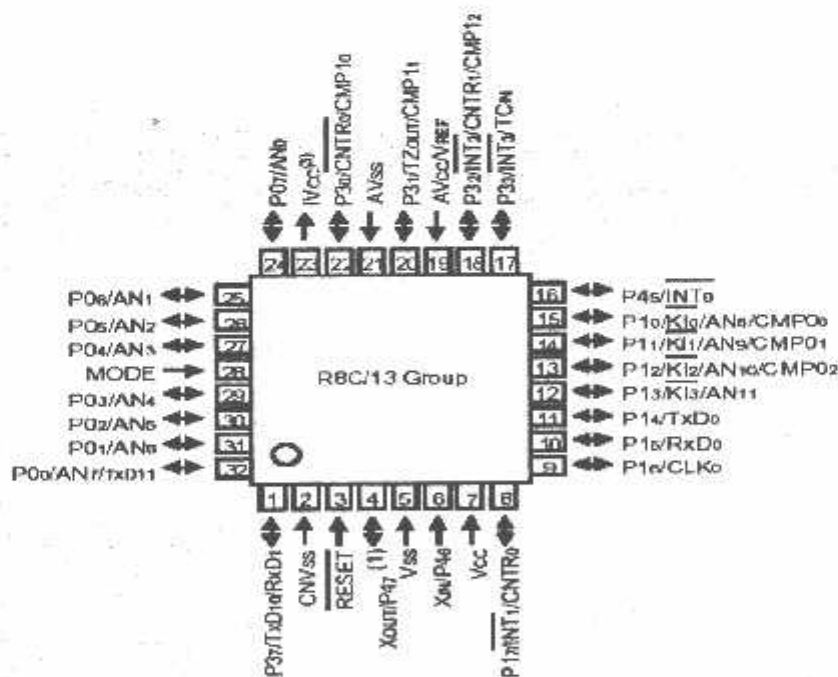
### 2.5.2. Kelebihan Kunci R8C/Tiny

Banyak kelebihan-kelebihan yang dimiliki R8C/Tiny diantaranya adalah :

Kompatibel dengan M16C yaitu kompatibel dalam instruksi dan kode.

- *Peripheral* lebih terintegrasi jadi lebih hemat.
- *Electromagnetic Compatibility* (EMC) mempunyai EMI rendah, EMS tinggi.
- *Development Tool* (*Compiler* dan *Debugger*) didapat dengan murah dan difasilitasi *On-Chip Debugger*
- Mempunyai fitur *fail-safe* yaitu pengamanan terhadap kegagalan sistem.
- Konsumsi daya rendah.
- 16-bit CISC CPU dengan kecepatan maksimal 20 MHz (1:1).
- 89 instruksi CISC lebih hemat ROM kira-kira 20 %, RAM sampai 1 KB.
- Waktu konversi ADC hanya 3  $\mu$ S.

### 2.5.3. Konfigurasi Pin R8C R5F21134FP



Gambar 2-5 Konfigurasi Pin R8C R5F21134FP <sup>[7]</sup>

Gambar diatas adalah konfigurasi pin-pin dari *R8C R5F21134FP* untuk lebih jelasnya dapat diamati pada tabel dekripsi pin-pin berikut ini :

**Tabel 2-3 Konfigurasi pin-pin dari *R8C R5F21134FP* <sup>[8]</sup>**

Nama Sinyal	Nama Pin	Type I/O	Fungsi
Masukan Catu Daya	Vcc, Vss	I	Tegangan 2.7 V – 5.5 V pada pin Vcc. Tegangan 0 V pada Vss pin
I Vcc	Ivcc	O	Pin ini untuk men-stabilkan catu daya <i>internal</i> , pin ini dihubungkan pada Vss melalui kapasitor 100nF. Jangan dihubungkan pada Vcc.
Input Catu Daya Analog	Avcc, Avss	I	Ini adalah untuk catu daya pada ADC. Avcc dihubungkan pada Vcc, A Vss dihubungkan ke Vss. Dianjurkan untuk menghubungkan kapasitor diantara pin A Vcc dan A Vss.
Input Reset	RESET	I	“L” untuk masukan ini mereset MCU
CNVss	CNVss	I	Pin ini dihubungkan pada Vss melalui sebuah resistor.
MODE	MODE	I	Pin ini dihubungkan pada Vcc melalui sebuah resistor.
Input Clock Utama	Xin	I	Pin-pin ini disediakan untuk membangkitkan rangkaian I/O Clock Utama. Dihubungkan dengan sebuah keramik resonator atau kristal diantara pin Xin dan Xout. Jika digunakan clock internal maka pin Xin dan Xout dalam keadaan terbuka.
Output Clock Utama	Xout	O	



Input Interupsi	INT0 – NT3	I	Pin ini sebagai masukan interupsi.
Input Kunci Interupsi	KI0 – KI3	I	Pin ini sebagai masukan kunci interupsi.
Timer X	CNTR 0	I/O	Pin I/O ini adalah untuk Timer X.
	CNTR 0	O	Pin Ouput untuk Timer X.
Timer Y	CNTR 1	I/O	Pin I/O untuk Timer Y.
Timer Z	TZout	O	Pin Ouput untuk Timer Z.
Timer C	TC in	I	Pin Input untuk Timer C.
	CMP00 – CMP03, CMP10 CMP13	O	Pin Output untuk Timer C.
Serial Interface	CLK 0	I/O	Pin I/O untuk memindahkan Clock.
	RXD0, RXD1	I	Pin input untuk data Serial.
	TXD0, TXD10, TXD11	O	Pin output untuk data Serial.
Input Tegangan Referensi	Vref	I	Tegangan referensi input ini untuk ADC. Vref pin dihubungkan ke Vcc.
ADC, pengubah dari analog ke digital	AN0–N11	I	Pin analog input pada ADC.
Port I/O	P00-P07, P10-P17, P30-P33,	I/O	Merupakan port I/O CMOS 8-bit . Setiap port mempunyai pilihan register pengarah sebagai input atau output. Tiap Port dapat

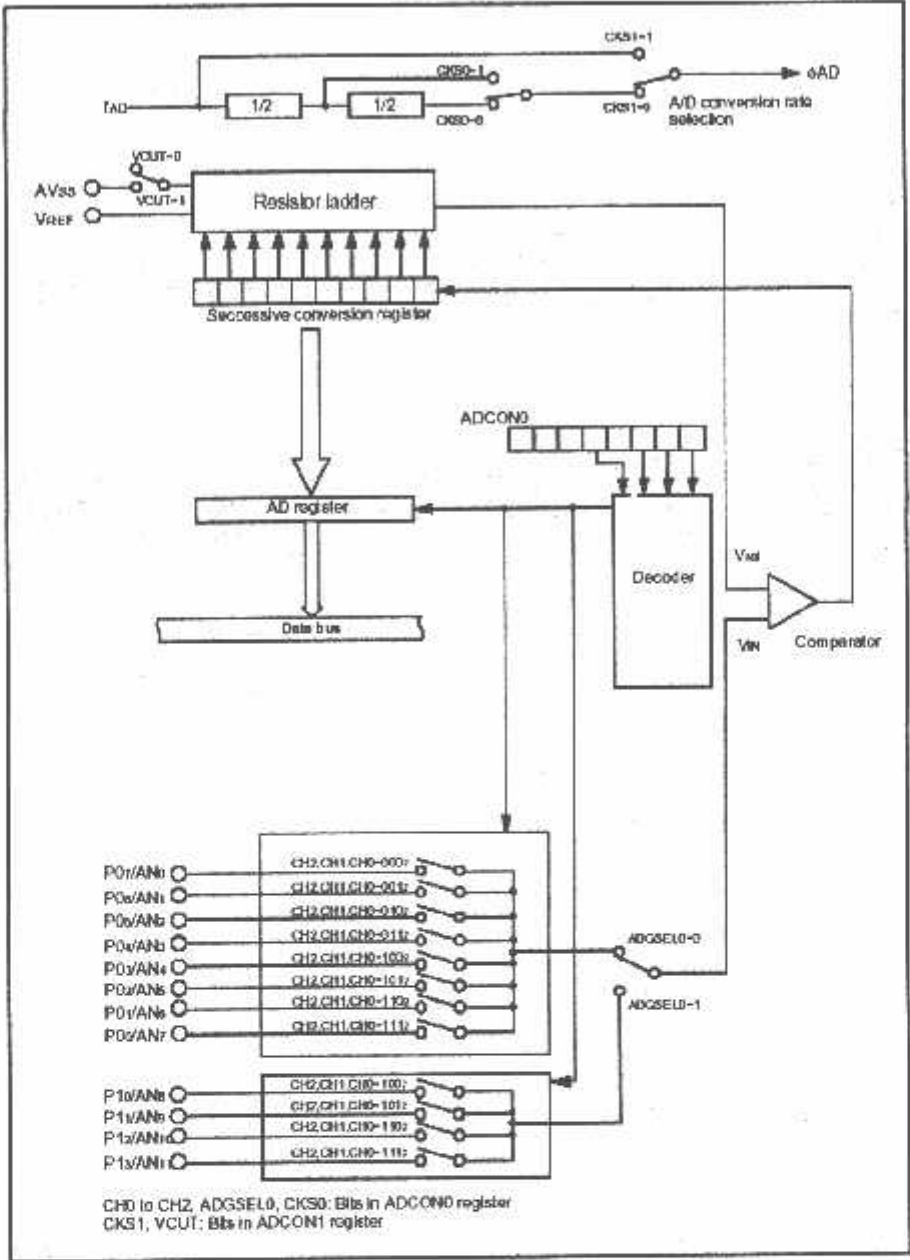
	P37, P45		dialamati per bit. Dapat di-set menggunakan pull up resistor dengan program. P10 – P17 mempunyai driver transistor.
Port Input	P46, P47	I	Pin ini hanya bisa digunakan sebagai input.

#### 2.5.4. *Peripheral R8C R5F21134FP*

Mikrokontroler *R8C R5F21134FP* mempunyai beberapa *peripheral-peripheral* yang banyak digunakan pada beberapa aplikasi-aplikasi penting, diantaranya adalah sebagai berikut :

- ***Analog To Digital Converter (ADC)***

Dengan 12 SAR ADC S/H yang mempunyai resolusi 8-bit atau 10-bit. Mode Operasinya menggunakan *One-Shot* dan *Repeat* dengan waktu konversi 2.8  $\mu$ S (pada clock 10 MHz). Berikut gambar diagram blok ADC *built in* pada mikrokontroler ini :



Gambar 2-6 Diagram blok ADC [9]

▪ *Timer Mode*

Mempunyai timer sebanyak 4 yaitu timer X, Y, Z, C. Berikut adalah mode-mode timernya :

Tabel 2-4 Mode-mode Timer <sup>[10]</sup>

Item		Timer X	Timer Y	Timer Z	Timer C
Configuration		8-bit timer with 8-bit prescaler	8-bit timer with 8-bit prescaler	8-bit timer with 8-bit prescaler	16-bit timer
Count		Down	Down	Down	Up
Count source		•f1 •f2 •f8 •f32	•f1 •f8 •fRING •Input from CNTR1 pin	•f1 •f2 •f8 •Timer Y underflow	•f1 •f8 •f32
Function	Timer mode	provided	provided	provided	not provided
	Pulse output mode	provided	not provided	not provided	not provided
	Event counter mode	provided	provided <sup>1</sup>	not provided	not provided
	Pulse width measurement mode	provided	not provided	not provided	not provided
	Pulse period measurement mode	provided	not provided	not provided	not provided
	Programmable waveform generation mode	not provided	provided	provided	not provided
	Programmable one-shot generation mode	not provided	not provided	provided	not provided
	Programmable wait one-shot generation mode	not provided	not provided	provided	not provided
	Capture	not provided	not provided	not provided	provided
Input pin		CNTR0	CNTR1	INT0	TCIN
Output pin		CNTR0 CNTR0	CNTR1	TZOUT	not provided
Related interrupt		Timer X Int INT1 Int	Timer Y Int INT2 Int	Timer Z Int INT0 Int	Timer C Int INT3 Int
Timer stop		provided	provided	provided	provided

- **Low Voltage Detect ( LVD )**

LVD adalah untuk mendeteksi Vcc krang dari 3.8 V (± 0.5 V)

- **Watchdog Timer**

Watchdog berfungsi untuk mendeteksi ketika program diluar kontrol.

### ▪ ***On Chip Debugger***

Fasilitas ini mempunyai fungsi untuk dapat di-*debug* pada waktu mikro sedang berjalan. Antara PC dan MK dapat berkomunikasi, PC akan mengetahui aktivitas MK saat itu. Syarat-syarat *On Chip Debugger* adalah

- ❑ Vektor *Address Match interrupt* harus dihindari.
- ❑ *Single step interrupt* tidak dapat digunakan bersamaan interrupt lain.
- ❑ *UART1* tidak boleh dipakai.
- ❑ Instruksi BRK tidak boleh dipakai.
- ❑ Flash Address C000H – C7FFH.
- ❑ PD 3.7 harus “0”.
- ❑ B5 FMR 0 harus “1”
- ❑ Menyiapkan 8 Byte untuk Stack.
- ❑ *On Chip Debugger* berpengaruh pada *timing run*.

### • ***Rangkaian Osilator***

Pada osilator utama menggunakan kristal luar sampai dengan 20 MHz, dengan memiliki fitur *Clock Stop Detect*. Kemudian untuk *On Chip Osilator* disediakan kecepatan *Low* 125 KHz dan *High* 8 MHz. Saat setelah reset, default clock adalah kecepatan rendah *On Chip osilator* 125 KHz.

---

## 2.6. LCD (Liquid Crystal Display)

Merupakan komponen optoelektronik yaitu komponen yang bekerja atau dipengaruhi oleh sinar (optolistrik), komponen pembangkit cahaya (*light emitting*) dan komponen-komponen yang akan mengubah sinar. LCD terbuat dari bahan kristal cair yang merupakan suatu komponen organik dan mempunyai sifat optik seperti benda padat meskipun bahan tetap cair.

Sel kristal cair terdiri dari selapis bahan kristal cair yang diapit antara dua kaca tipis yang transparan. Antara dua lembar kaca tersebut diberi bahan kristal cair (*liquid crystal*) yang tembus cahaya. Permukaan luar dari masing-masing keping kaca mempunyai lapisan penghantar tembus cahaya seperti oksida timah (*tin oxide*) atau oksida indium (*indium oxide*). Sel mempunyai ketebalan sekitar  $1 \times 10^{-5}$  meter dan diisi dengan kristal cair.

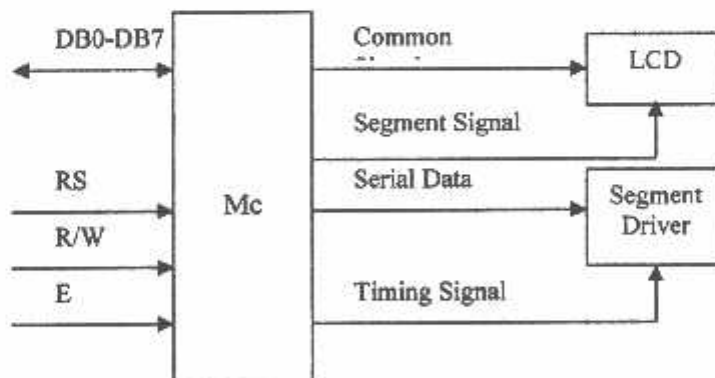
Karena sel-sel kristal cair merefleksikan cahaya dan bukan membangkitkan cahaya maka konsumsi daya yang dibutuhkan relatif rendah. Energi yang dipergunakan hanya untuk mengaktifkan kristal cair. Pada dasarnya LCD bekerja pada tegangan rendah (3 – 15 Vrms), frekuensi rendah (25 – 60 Hz) sinyal AC dan memakai arus listrik yang sangat kecil (25 - 300  $\mu$ A). LCD seringkali ditata sebagai tampilan *seven segment* untuk menampilkan angka tetapi juga memiliki keistimewaan lain, yaitu kemampuan untuk menampilkan karakter dan berbagai macam simbol.

Salah satu jenis LCD diantaranya adalah LCD M1632, suatu jenis piranti dengan konsumsi daya yang rendah, disusun dari dot matrik dan dikontrol oleh ROM atau RAM generator karakter dan RAM data display. Pengontrolan

---

utamanya adalah pada ROM generator dan display data RAM yang menghasilkan kode ASCII jika padanya diberikan *input* ASCII. Untuk dapat difungsikan dengan baik maka perlu diperhatikan proses analisis yang telah ditentukan oleh pabrik pembuatnya. Timing penganalisan sangat dipertimbangkan, karena jika meleset sampai ordo *milisecon* maka dapat dipastikan LCD tidak dapat berfungsi.

LCD Display Module M1632 buatan Seiko Instrument Inc. ini terdiri dari dua bagian, yang pertama merupakan panel LCD sebagai media penampil informasi dalam bentuk huruf/angka dua baris, masing-masing baris bisa menampung 16 huruf/angka. Bagian kedua merupakan sebuah sistem yang dibentuk dengan mikrokontroler yang ditempelkan dibalik pada panel LCD, berfungsi mengatur tampilan informasi serta berfungsi mengatur komunikasi M1632 dengan mikrokontroler yang memakai tampilan LCD itu. Dengan demikian pemakaian M1632 menjadi sederhana, sistem lain yang M1632 cukup mengirimkan kode-kode ASCII dari informasi yang ditampilkan seperti layaknya memakai sebuah printer.



**Gambar 2-7 Blok Diagram LCD <sup>[11]</sup>**

Adapun karakteristik dari LCD M1632 antara lain :

- Dengan 16 karakter – 2 baris dalam bentuk dotmatrik 5x7 dan cursor
- *Duty ratio* 1/16
- Memiliki ROM pembangkitan karakter untuk 192 jenis karakter
- RAM untuk data display sebanyak 80x8 *bit*
- Dapat dirangkai dengan MPU 8 *bit*/4 *bit*
- RAM data display dan RAM pembangkit karakter dapat dibaca oleh MPU
- Memiliki fungsi instruksi antara lain *display on/off*, *Cursor on/off*, *display* karakter *blink*, *cursor shift* dan *display shift*
- Memiliki rangkaian osilator sendiri
- Catu tegangan tunggal yaitu  $\pm 5\text{ V}$
- Memiliki rangkaian *reset* otomatis pada catu daya yang dihidupkan
- Temperatur operasi  $0^{\circ} - 50^{\circ}$

LCD memiliki 16 pin, masing-masing memiliki fungsi sebagai berikut :



Tabel 2-5 Fungsi Tiap Pin LCD <sup>[12]</sup>

No. Pin	Simbol	Level	Fungsi	
1	V <sub>SS</sub>	-	Power Supply	0 V (GND)
2	V <sub>CC</sub>	-		5 V $\pm$ 10%
3	V <sub>EE</sub>	-		For LCD Drive
4	RS	H/L	Sinyal seleksi <i>register</i> H ; Data Input [ <i>register</i> data ( <i>write/read</i> )] L ; Instruction Input [ <i>register</i> instruksi ( <i>write</i> ), busy <i>flag</i> dan <i>address counter</i> ( <i>read</i> )]	
5	R/W	H/L	H ; Read L ; Write	
6	E	H	Enable Signal [sinyal penanda mulai operasi, aktif saat operasi <i>write</i> atau <i>read</i> ]	
7	DB0	H/L	4 bit bus data lower 2 arah, dapat dibaca atau ditulis terhadap mikrokontroler	
8	DB1	H/L		
9	DB2	H/L		
10	DB3	H/L		
11	DB4	H/L	4 bit bus data upper 2 arah, dapat dibaca atau ditulis terhadap mikrokontroler, DB7 juga sebagai busy <i>flag</i>	
12	DB5	H/L		
13	DB6	H/L		
14	DB7	H/L		
15	V+BL	-	Back Light Supply	4 - 4,2 V
				50 – 200 mA
16	V-BL	-	0 V (GND)	

### 2.6.1. Instruksi Operasi <sup>[13]</sup>

**Tabel 2-6 Instruksi Pada LCD**

Instruksi	RS	RW	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Display Clear	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Cursor Home	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*
Entry Mode Set	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S
Display On/Off	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B
Cursor Display Shift	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*
Function Set	0	0	0	0	1	DL	1	*	*	*
CG RAM Address Set	0	0	0	1	A <sub>CG</sub>					
DD RAM Address Set	0	0	1	A <sub>DD</sub>						
BF/Address Read	0	1	BF	AC						
Data Write to CG RAM	1	0	Write Data							
Data Read from CG RAM	1	1	Read Data							

\*Invalid Bit

A<sub>CG</sub> ; CG RAM Address dan A<sub>DD</sub>

DD RAM Address

Pada LCD juga terdapat instruksi – instruksi sebagai berikut :

#### 1. Display clear

Membersihkan tampilan yang ada pada LCD serta menyimpan, sedangkan kursor kembali ke posisi semula.

#### 2. Cursor home

Hanya membersihkan tampilan dan kursor kembali ke semula.

#### 3. Empty Mode Set : layar beraksi sebagai tampilan tulis.

S : 1/0 = menggeser layar.

1/0 : 1 = kursor bergerak ke kanan dan layar bergerak ke kiri.

1/0 : 0 = kursor bergerak ke kiri dan layar bergerak ke kanan

#### 4. Display On/Off Control.

D : 1 = layar on

D : 0 = layar off

C : 1 = kursor *on*

C : 0 = kursor *off*

B : 1 = kursor berkedip-kedip

B : 0 = kursor tidak berkedip – kedip

5. *Cursor Display Shift*

S/C : 1 = LCD diidentifikasi sebagai layar

S/C : 0 = LCD diidentifikasi sebagai kursor

R/L : 1 = menggeser satu spasi ke kanan

R/L : 0 = menggeser satu spasi ke kiri

6. *Fuction Set*

DL : 1 = panjang data LCD pada 8 *bit*

DL : 0 = panjang data LCD pada 4 *bit*

*Bit upper* ditransfer terlebih dahulu kemudian diikuti dengan 4 *bit lower*.

N : 1/0 = LCD menggunakan 2 atau 1 baris karakter

P : 1/0 = LCD menggunakan 5 x 10 dot matrik

7. *CG RAM address set* : menulis alamat RAM ke karakter

8. *DD RAM address set* : menulis alamat RAM ke tampilan

9. *BF/address set* : BF = 1/0, LCD dalam keadaan sibuk atau tidak sibuk.

10. *Data write to CG RAM or DD RAM* : membaca *byte* dari alamat terakhir RAM yang dipilih.

2.6.2. Operasi Dasar

- *Register*

Kontrol dari LCD memiliki 2 buah *register* 8 bit yaitu *register* instruksi (IR) dan *register* data (DR). IR memiliki instruksi seperti display, *clear*, cursor shift dan display data (DD RAM) serta karakter (CG RAM). DR menyimpan data untuk ditulis ke DD RAM ataupun membaca data dari DD RAM dan CG RAM. Ketika data ditulis ke DD RAM atau CG RAM maka DR secara otomatis menulis data ke DD RAM atau CG RAM. Ketika data pada CG RAM atau DD RAM akan dibaca maka alamat data ditulis pada IR. Sedangkan data akan dimasukkan melalui DR sehingga dapat dibaca oleh mikrokontroler.

Tabel 2-7 Pemilihan Register Pada LCD <sup>[14]</sup>

RS	RW	Operasi
0	0	Seleksi IR, IR Write Display Clear
0	1	Busy Flag (DB7), @ Counter (DB0-DB7) Read
1	0	Seleksi DR, DR Write
1	1	Seleksi DR, DR Read

- *Busy Flag*

*Busy Flag* menunjukkan bahwa modul siap untuk menerima instruksi selanjutnya sebagaimana terlihat pada tabel diatas. *Register* seleksi sinyal akan melalui DB7 jika RS=0 dan R/W=1. Jika bernilai 1 maka sedang melakukan kerja *internal* dan instruksi tidak akan dapat diterima, oleh

---

karena itu status dari *flag* harus diperiksa sebelum melaksanakan instruksi selanjutnya.

- *Address Counter (AC)*

AC menunjukkan lokasi memori dalam modul LCD. Pemilihan lokasi alamat lewat Ac diberikan lewat *register* instruksi (IR) ketika data pada A, maka AC secara otomatis menaikkan atau menurunkan alamat tergantung dari *Entry Mode Set*.

- *Display Data RAM*

Pada LCD, masing-masing *line* memiliki *range* alamat tersendiri. Alamat itu diekspresikan dengan bilangan hexadesimal. Untuk *line 1 range* alamat berkisar antara  $40_H$ - $4F_H$ .

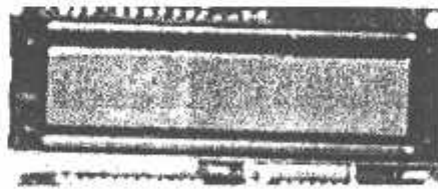
- *Character Generator ROM (CG ROM)*

CG ROM memiliki tipe dot matrik 5x7, dimana pada LCD telah tersedian ROM sebagai pembangkit karakter dalam kode ASCII.

- *Character Generator RAM (CG RAM)*

CG RAM dipakai untuk pembuatan karakter tersendiri melalui program.

Adapun bentuk fisik dari LCD M1632 adalah pada gambar berikut :



Gambar 2-8 Liquid Crystal Display <sup>[15]</sup>

### 2.6.3. Sinyal Interface M1632

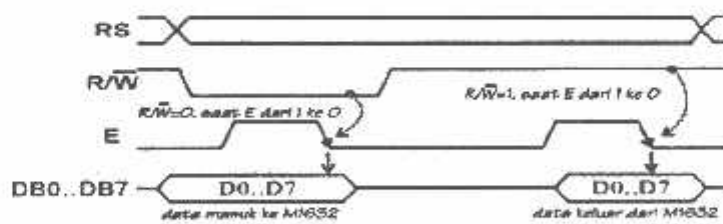
Untuk berhubungan dengan mikrokontroler pemakai, M1632 dilengkapi dengan 8 jalur data (DB0 - DB7) yang dipakai untuk menyalurkan kode ASCII maupun perintah pengatur kerjanya M1632. Selain itu dilengkapi pula dengan E, R/W dan RS seperti layaknya komponen yang kompatibel dengan mikroprosesor.

Kombinasi lainnya E dan  $\overline{R/\overline{W}}$  merupakan sinyal standar pada komponen buatan Motorola. Sebaliknya sinyal-sinyal dari MCS51 merupakan sinyal khas Intel dengan kombinasi sinyal WR dan RD.

RS, singkatan dari *Register Select*, dipakai untuk membedakan jenis data yang dikirim ke M1632, kalau RS=0 data yang dikirim adalah perintah untuk mengatur kerja M1632, sebaliknya kalau RS=1 data yang dikirim adalah kode ASCII yang ditampilkan.

Demikian pula saat pengambilan data, saat RS=0 data yang diambil dari M1632 merupakan data status yang mewakili aktivitas M1632, dan saat RS=1 maka data yang diambil merupakan kode ASCII dari data yang ditampilkan.

Proses mengirim/mengambil data ke/dari M1632 bisa dijabarkan sebagai berikut :



**Gambar 2.9 Mengirim/Mengambil Data Ke/Dari M1632<sup>[16]</sup>**

1. RS harus dipersiapkan dulu, untuk menentukan jenis data seperti yang telah dibicarakan di atas.
  2.  $R/\overline{W}$  di-nol-kan untuk menandakan akan diadakan pengiriman data ke M1632. Data yang akan dikirim disiapkan di DB0..DB7, sesaat kemudian sinyal E di-satu-kan dan di-nol-kan kembali. Sinyal E merupakan sinyal sinkronisasi, saat E berubah dari 1 menjadi 0 data di DB0 .. DB7 diterima oleh M1632.
  3. Untuk mengambil data dari M1632 sinyal  $R/\overline{W}$  di-satu-kan, menyusul sinyal E di-satu-kan. Pada saat E menjadi 1, M1632 akan meletakkan datanya di DB0 .. DB7, data ini harus diambil sebelum sinyal E di-nol-kan kembali.
-

### **BAB III**

## **PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT**

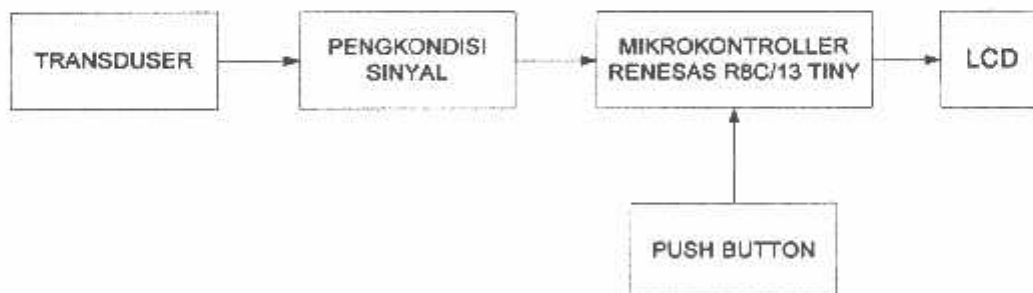
### **3.1. Pendahuluan**

Alat pendeteksi kadar glukosa dalam darah ini direncanakan mempunyai fungsi sebagai berikut :

1. Mengukur kadar glukosa dalam darah.
2. Menampilkan data hasil pengukuran.

Dalam perencanaan dan pembuatan alat pendeteksi kadar glukosa dalam darah, dilakukan pembagian yang terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak, sebagai pendukung kerja alat ini.

### **3.2. Perencanaan Perangkat Keras**



**Gambar 3-1 Blok Diagram Perencanaan**



Keterangan blok diagram perencanaan pada gambar 3-1

#### 1. Transduser

Transduser sebagai pendeteksi kadar glukosa dalam darah menggunakan Sensor yaitu Blood Glucose Test Strips. Pada sensor ini terdapat reagent yang hanya bereaksi dengan Glukosa darah. Transduser akan mengeluarkan beda potensial yang nantinya menjadi inputan pada pengkondisi sinyal.

#### 2. Pengkondisi Sinyal

Berupa rangkaian penguat tegangan yaitu rangkaian penguat tak membalik (Non Inverting) tipe LM 324

#### 3. Mikrokontroller

Sebagai pengolah data yang berupa single chip mikrokontroller RENESAS R8C/13 TINY

#### 4. LCD

Untuk tampilan karakter/menampilkan huruf dan tulisan

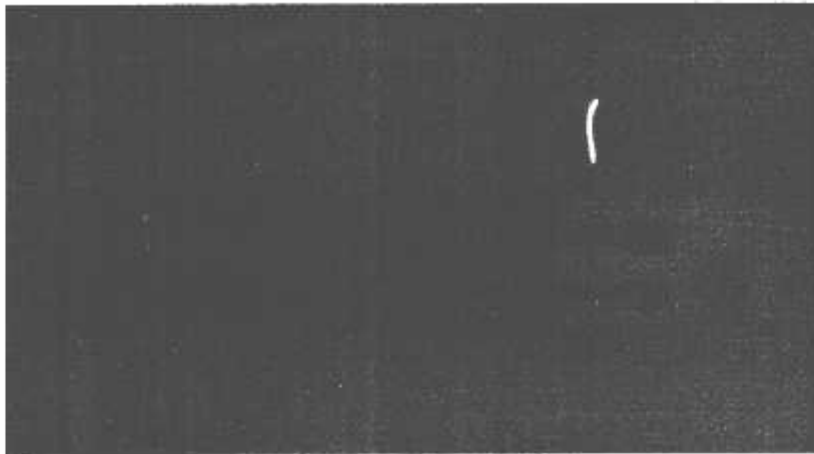
#### 5. Push Button

Berfungsi sebagai memilih menu

### 3.2.1. Transduser

Transduser yang digunakan pada perencanaan alat ini adalah jenis *Blood Glucose Test Strips*, dimana transduser ini mengalami perubahan karena reaksi *reagent* yang terdapat didalam transduser dengan sampel darah. Sehingga akan mengakibatkan perbedaan potensial yang nantinya sebagai *input* pada pengkondisi sinyal.

---



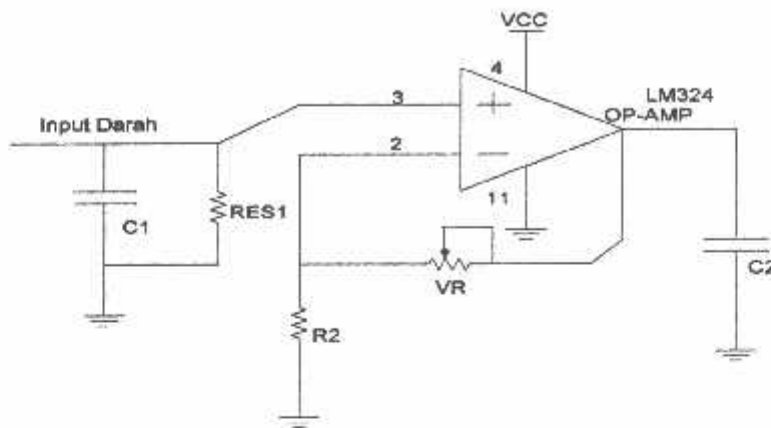
**Gambar 3-2 Blood Glucose Test Strips** <sup>[17]</sup>

Keterangan gambar 3-2

Pada gambar terdapat 3 buah elektode yang ada di bagian bawah ke-3 buah elektode tersebut mempunyai masing-masing fungsi yaitu :

1. Elektoda kerja (WE) : tempat dimana reaksi yang diinginkan terjadi
  2. Elektrode lawan (CE) : tempat terjadinya reaksi yang berlawanan
  3. Elektroda pembanding (RE) : sebagai pembanding
-

### 3.2.2. Penguat Tak Membalik (Non Inverting)



Gambar 3-3 Penguat Non – Inverting<sup>[18]</sup>

Dari gambar 3-3 dapat diketahui penguatan dan harga  $R_f$

$$A_v = \frac{R_f + R}{R} \quad \text{kali} \dots \dots \dots (3.1)$$

$$V_o = A_v \times V_{in} \quad \text{Volt} \dots \dots \dots (3.2)$$

$$V_o = \left( 1 + \frac{R_f}{R} \right) \times V_{in}$$

Untuk glukosa dalam darah normal didapat data referensi 62 mg/dl dengan tegangan sensor sebesar 30 mV dianggap tegangan ADC sebesar 1 V. Sehingga penguatan yang diperlukan adalah :

$$A_v = \frac{V_o}{V_{in}}$$

$$A_v = \frac{1V}{30mV}$$

$$A_v = 33 \text{ Kali}$$

Untuk glukosa dalam darah diabetes didapat data referensi 250 mg/dl dengan tegangan sensor sebesar 131 mV dianggap tegangan ADC sebesar 5 V. Sehingga penguatan yang diperlukan adalah :

$$AV = \frac{V_0}{V_{in}}$$

$$AV = \frac{5V}{131mV}$$

$$AV = 38 \text{ Kali}$$

Karena penguatan yang dibutuhkan pada masing-masing kadar glukosa darah adalah 33 dan 38 kali sedangkan harga  $R_1$  telah ditetapkan 1  $K\Omega$  maka harga  $R_f$  dapat diperoleh yaitu :

- Untuk kadar glukosa darah normal

$$AV = \frac{R_f + R}{R}$$

$$33 = \frac{R_f + 1K}{1K}$$

$$R_f = 32 K\Omega$$

- Untuk kadar glukosa darah diabetes

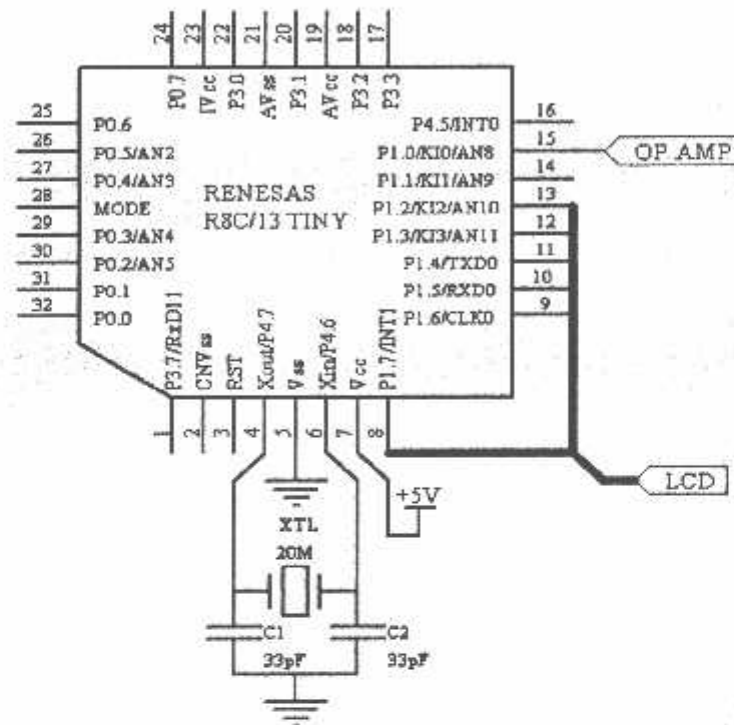
$$AV = \frac{R_f + R}{R}$$

$$38 = \frac{R_f + 1K}{1K}$$

$$R_f = 37 K\Omega$$


---

### 3.2.3. Perancangan Mikrokontroler Master Renesas R08C/13 Tiny R5F21134FP.



Gambar 3-5 Minimum sistem Mikrokontroler Renesas R8C/13 Tiny R5F21134FP <sup>[19]</sup>

Mikrokontroler *Master* merupakan mikrokontroler pengendali utama. Dalam hal ini menggunakan mikrokontroler Renesas R08C Tiny R5F21134FP karena banyak dengan mempertimbangkan keunggulan-keunggulannya dan fasilitas-fasilitas yang dimiliki IC ini. Pembahasan ini telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya. Mikrokontroler *master* ini mempunyai I/O Port yaitu P0.0 – P0.7, P1.0 – P1.7, P3.0 – P3.3, P3.7 dan P4.5 sedangkan P4.6, P4.7 hanya bisa

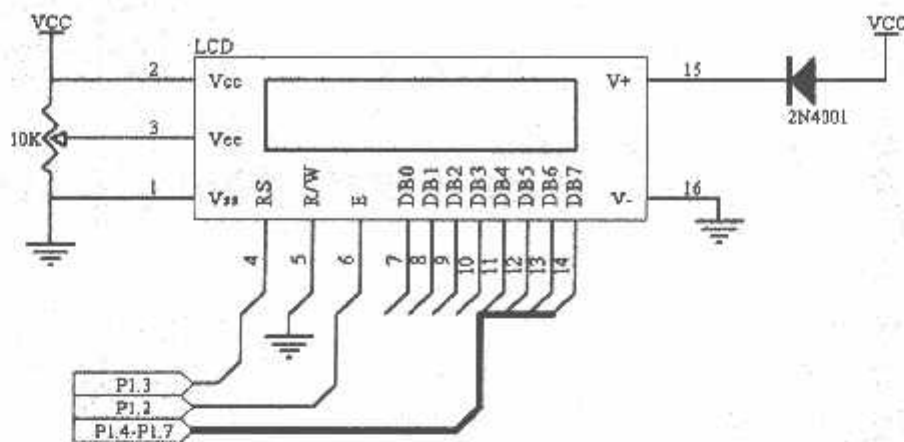
digunakan sebagai *input* saja, bila konfigurasi kristal memakai kristal *internal*. Dalam hal ini yang digunakan Port I/O saja. Berikut ini konfigurasi pin-pin mikrokontroller master :

1. Untuk AN0 – AN1 digunakan sebagai pin analog input pada ADC
2. Untuk Port 1.4 – Port 1.7 digunakan sebagai output instruksi ke LCD
3. Untuk Pin 7 dihubungkan ke Vcc
4. Pin 12 dan Pin 13 dihubungkan ke RS dan E pada LCD
5. Untuk Pin 5 dihubungkan ke Vss sebagai Ground

#### 3.2.4. Perancangan Rangkaian LCD

LCD (*Liquid Crystal Display*) digunakan sebagai tampilan status alarm. Sinyal-sinyal yang dipergunakan oleh LCD adalah data bus, RS, R/W dan E. Sinyal E dihubungkan ke P1.1 untuk mengaktifkan LCD. LCD akan aktif jika mikrokontroler memberikan instruksi tulis pada alamat LCD. Sedangkan P1.0 dipergunakan untuk memberikan sinyal RS yang membedakan data yang diberikan pada LCD. Sinyal RS diberikan ke LCD untuk membedakan sinyal antara instruksi program atau instruksi penulisan data. Untuk pin R/W akan berlogika *low* (0) apabila dihubungkan dengan *ground* maka LCD difungsikan hanya untuk menuliskan program atau data ke display. Untuk mengambil data dari mikrokontroler maka pin data DB0-DB7 dari IC ini dihubungkan dengan P0.0 – P0.7 yang merupakan pin data dari mikrokontroler.

---



**Gambar 3-4 Perancangan Rangkaian *Liquid Crystal Display* ( LCD ) <sup>[ 20 ]</sup>**

Keterangan gambar diatas yang merupakan LCD dengan kapasitas 16 x 2 karakter dengan pin – pin pada LCD sebagai berikut :

1. Pin 1 = Vss
2. Pin 2 = Vcc
3. Pin 3 = Vee
4. Pin 4 = RS
5. Pin 5 = R/W
6. Pin 6 = E
7. Pin 11 – Pin = DB4 – DB7
8. Pin 15 = +V
9. Pin 16 = -V

Keterangan :

1. R/W untuk menentukan data yang akan dibaca atau dihubungkan ke *Ground* untuk menulis saja.

2. E dihubungkan ke pin 13 sebagai *enable* yang merupakan sinyal.
3. R/S untuk mengaktifkan *register control* dihubungkan ke pin 12.
4. Pada pin Vcc dan Vss digunakan variable resistor ( trimpot ) sebesar 10 K $\Omega$  sebagai pembagi tegangan yang berfungsi untuk mengatur intensitas cahaya pada tampilan LCD.

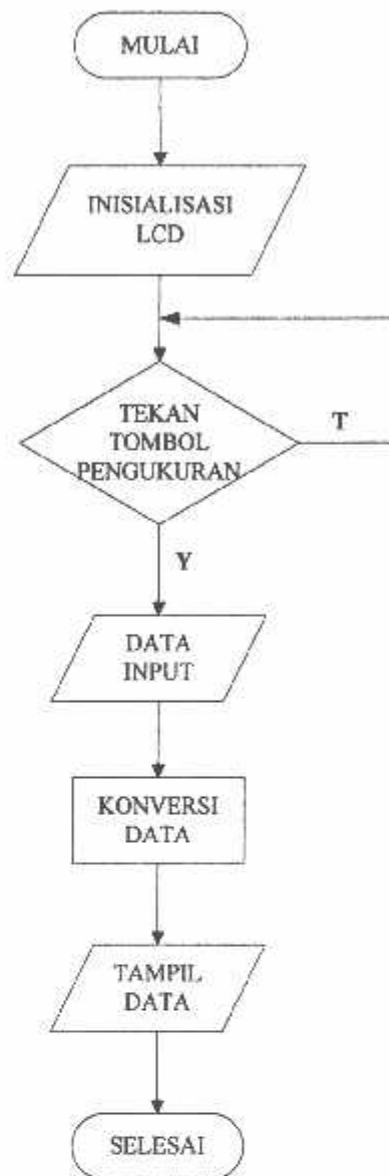
### 3.3. Perencanaan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak diperlukan untuk menjalankan system sesuai yang kita harapkan. Untuk pemakaian mikrokontroller, perlu direncanakan perangkat lunak yang dapat mengatur system tersebut. Perangkat lunak disini adalah susunan perintah-perintah ( program ) didalam memori yang harus dilaksanakan oleh mikrokontroller.

Memori merupakan fasilitas utama karena disini disimpan perintah-perintah yang harus dikerjakan. Memori disini dapat dibedakan menurut fungsinya menjadi program dan memori data. Menurut letaknya memori dapat dibedakan menjadi memori program dan memori luar. Memori luar diberikan bila memori didalam mikrokontroller tidak mencukupi untuk menampung semua program dan data. Perencanaan perangkat lunak ( *software* ) didasarkan perencanaan perangkat keras yang telah dibuat sebelumnya, untuk mendapatkan system kerja yang diharapkan *software* dari alat tersebut terdapat di bagian lampiran dan diagram alir ( *flowchart* ) dari tersebut adalah sebagai berikut :

---





**Gambar 3-7 Flowchart Sistem Kerja**

## BAB IV

### PENGUJIAN DAN PENGUKURAN

Pada bab ini akan membahas mengenai pengujian dan sistematika kerja rangkaian tiap-tiap blok. Berikut ini adalah pembahasan lebih lanjut.

#### 4.1. Sistematika Kerja Rangkaian

Alat pengindikator kadar glukosa dalam darah ini menggunakan sensor jenis *Blood Glucose Sensor Electrode* atau biasa disebut *Test Stripe*.. Pada sensor ini sudah dilengkapi dengan *Reagent* Glukosa yaitu Glucose Oxidase 32.36 Unit, Pottassium Ferricyanide 0.15 m, Immobilizer 0.02 mg dan Stabilizer 0.02 mg. Pengertian dari *Reagent* adalah *senyawa kimia yang bereaksi dengan gula dalam darah*. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip kerja elemen volta, yaitu dimana dua buah elektroda dengan elektro yang berbeda diletakkan dengan jarak yang cukup dekat. Sehingga diantara elektroda tersebut terdapat beda tegangan diantara keduanya, semakin besar kadar glukosa maka akan semakin besar pula beda potensial yang dihasilkan.

Keluaran dari sensor ini akan menjadi inputan pengkondisi sinyal dan kemudian akan diubah menjadi sinyal digital (ADC ), dimana ADC ini sudah terdapat pada mikrokontroller Renesas R8C/13 Tiny, lalu dimasukkan ke mikrokontroller Renesas R8C/13 Tiny sebagai pengolah data yang kemudian ditampilkan ke LCD sebagai hasil pengukuran.

---

Pada alat ini tampilan pada LCD adalah sesuai dengan kadar atau konsentrasi gula darah dengan memakai satuan kadar glukosa yang umum yaitu mg/dl.

## **4.2. Pengujian dan Pengukuran Alat**

### **4.2.1. Pengujian Tanpa Beban**

Pada tahap ini pengukuran tanpa *input*, yaitu pengukuran tanpa darah sebagai beban yang akan diukur. Setelah alat dinyalakan dan pada saat melakukan pengukuran nilai kadar glukosa tidak ada nilai atau kadar glukosa sama dengan 000 mg.dl.

### **4.2.2. Pengujian Dengan Beban**

Pada tahap ini dilakukan pengujian alat dengan menggunakan beban, yaitu *Sample* darah yang akan diukur kadar glukosanya. Adapun langkah-langkah kerja untuk melakukan proses pengujian alat adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan jarum *puncture* ( jarum penusuk ) untuk mengambil sample darah.
  2. Menancapkan sensor pada soket yang disediakan.
  3. Menempelkan sample darah pada ujung sensor.
  4. Melakukan pengukuran.
  5. Mencatat hasil pengukuran yang ada pada tampilan LCD dan nomor sensor yang digunakan.
-

6. Membandingkan hasil pengukuran dengan hasil yang sudah ada dengan menggunakan alat yang ada.

Untuk mengukur kesalahan pada percobaan yaitu :

$$\text{Error} = \frac{\text{Hasil pengukuran} - \text{Hasil percobaan}}{\text{Hasil pengukuran}} \times 100 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Error} &= \frac{185 - 180}{185} \times 100 \% \\ &= 0,037 \% \end{aligned}$$

Dengan melakukan perhitungan yang sama maka didapatkan hasil yang ditunjukkan pada tabel 4-1 dibawah ini.

**Tabel 4-1 Data Hasil Pengukuran**

Nama Pasien	Data Referensi ( mg/dl )	Hasil Pengukuran ( mg/dl )	% Error	Tegangan Sensor	Keterangan
Tn Danang	120	118	0,02	58 mV	Normal
Tn Budi	80	77	0,04	46 mV	Normal
Djoko	97	91	0,06	52 mV	Normal
Ny Linda	250	230	0,05	131 mV	Diabetes
Agus	110	120	0,09	58 mV	Normal
Tn Bambang	187	180	0,037	110 mV	Diabetas
Ricky	62	61	0,02	30 mV	Normal

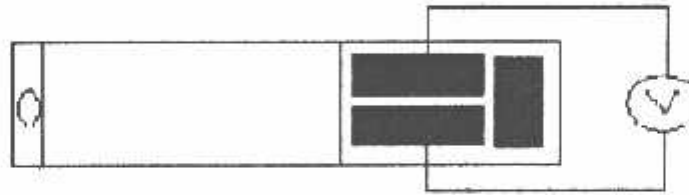
Hasil percobaan dan hasil pengukuran dilakukan kondisi sewaktu-waktu pada pasien.

Dengan kesalahan rata-rata sebesar :

$$\sum \text{error rata-rata} = \frac{\sum \text{error}}{n}$$

$$\sum \text{error rata-rata} = \frac{0,317\%}{7} = 0.045 \%$$

Untuk melakukan pengukuran tegangan sensor yang dilakukan langsung dilakukan pada sensor dengan menggunakan voltmeter digital dan hasil yang didapat dilihat pada tabel diatas. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

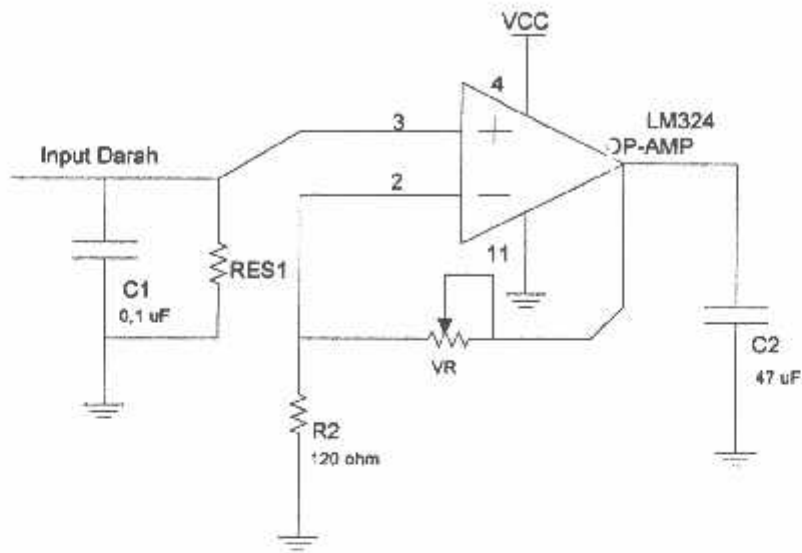


**Gambar 4-1 Sensor Blood Glucose Sensor Electrode**

#### 4.2.3. Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Pada pengujian ini menentukan besarnya tegangan keluaran yang dihasilkan pada penguat ini. Dengan tegangan sensor yang dihasilkan sebagai *input* an dari penguat non inverting. Untuk menghitung tegangan keluaran dengan rumus sebagai berikut :

$$V_{out} = \left( 1 + \frac{R_f}{R_1} \right) E_i$$



**Gambar 4-2 Rangkaian Non-Inverting**

- Untuk kadar glukosa darah normal

Diketahui :  $R_f = 32 \text{ K}\Omega$

$R_1 = 1 \text{ K}\Omega$

$E_i$  = tegangan sensor yang dihasilkan

Maka untuk  $E_i = 30 \text{ mV}$

$$V_{out} = \left( 1 + \frac{32 \text{ K}\Omega}{1 \text{ K}\Omega} \right) 30 \text{ mV}$$

$$= 990 \text{ mV} = 0,990 \text{ V}$$

- Untuk kadar glukosa darah Diabetes

Diketahui :  $R_f = 37 \text{ K}\Omega$

$R_1 = 1 \text{ K}\Omega$

$E_i$  = tegangan sensor yang dihasilkan

Maka untuk  $E_i = 131 \text{ mV}$

$$\begin{aligned} V_{out} &= \left( 1 + \frac{37K\Omega}{1K\Omega} \right) 131 \text{ mV} \\ &= 4978 \text{ mV} = 4,978 \text{ V} \end{aligned}$$

Dengan melakukan perhitungan maka didapat  $V_{out}$  dari pengkondisi sinyal sebagai berikut, sedangkan hasil  $V_{out}$  pengujian didapat dari pengukuran lewat voltmeter seperti pada gambar 4-2 diatas :

**Tabel 4-2 Hasil Perhitungan dan Pengujian  $V_{out}$  Penguat**

Vout Sensor (mV)	Vout Penguat Pengujian (V)	Vout Penguat Pengukuran (V)	% Error
30	1	0,990	0,01
131	5	4,978	0,004

$$\text{Error} = \frac{\text{Hasilpengujian} - \text{Hasilperhitungan}}{\text{Hasilpengujian}} \times 100 \%$$

$$\text{Error} = \frac{1 - 0,990}{1} \times 100 \% = 0,01 \%$$

Dengan perhitungan yang sama maka hasil error terlihat pada tabel 4-2 diatas, sedangkan kesalahan rata-rata adalah :

$$\sum \text{error rata-rata} = \frac{0,014}{2} = 0.007 \%$$

#### 4.3. Cara Pengoperasian Alat

Untuk medeteksi kadar glukosa dalam darah diperlukan langkah-langkah pengoperasian alat, yaitu :

1. Siapkan *jarum puncture* ( *jarum penusuk* ) dan sensor terlebih dahulu.
2. Nyalakan alat dengan menghubungkan ke sumber tegangan pada trafo.
3. Masukkan darah pada ujung sensor sampai darah benar-benar masuk.
4. Tekan tombol untuk mengetahui kadar glukosa apakah normal atau diabetes.
5. Tekan tombol untuk melakukan proses pengukuran kembali.

#### 4.4. Spesifikasi Alat

Dalam perencanaan dan pembuatan alat pendeteksi kadar glukosa dalam darah mempunyai spesifikasi alat sebagai berikut :

1. Dimensi alat 15 x 7 x 4 cm.
  2. Sensor yang digunakan adalah *Blood Glukoce Sensor Electode* atau biasa disebut *Tets trips*.
  3. Menggunakan standar pengukuran kadar glukosa dalam darah sebagai berikut :
    - Kadar glukosa setelah puasa 70 – 110 mg/dl
    - Kadar glukosa 2 jam setelah makan < 130 mg/dl
    - Kadar glukosa sewaktu-waktu < 180 mg/dl
  4. Tampilan menggunakan LCD.
  5. Catu daya menggunakan *power Supply* dengan tegangan 5 Volt.
-



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

1. Pada sensor *Blood Glucose Test Strips* yang sudah dilengkapi dengan reagent (senyawa kimia yang bereaksi dengan gula dalam darah) sehingga yang akan terukur hanya kadar glukosa yang ada dalam darah.
2. Sensor yang akan digunakan akan menghasilkan suatu beda potensial yang berdasarkan prinsip kerja sel volta. Semakin tinggi kadar glukosa dalam darah maka beda potensial yang akan dihasilkan semakin tinggi pula.
3. Dari hasil pengujian yang dilakukan pada 7 sampel orang maka error rata-rata yang didapatkan 0,045 %
4. Kadar glukosa dalam darah pada waktu pengukuran terganrung pada kondisi darah pada saat diambil.

#### 5.2. Saran – saran

Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat maka :

1. Menggunakan sensor yang lebih sensitif, misalkan menggunakan Biosensor yang sangat sensitif.
  2. Alat yang dibuat diharapkan dapat dihasilkan data yang continue.
  3. Dimensi akat dibuat sekecil mungkin sehingga mudag diwa kwmana-mana dan taha terhadap kondisi luar
-

## DAFTAR ACUAN

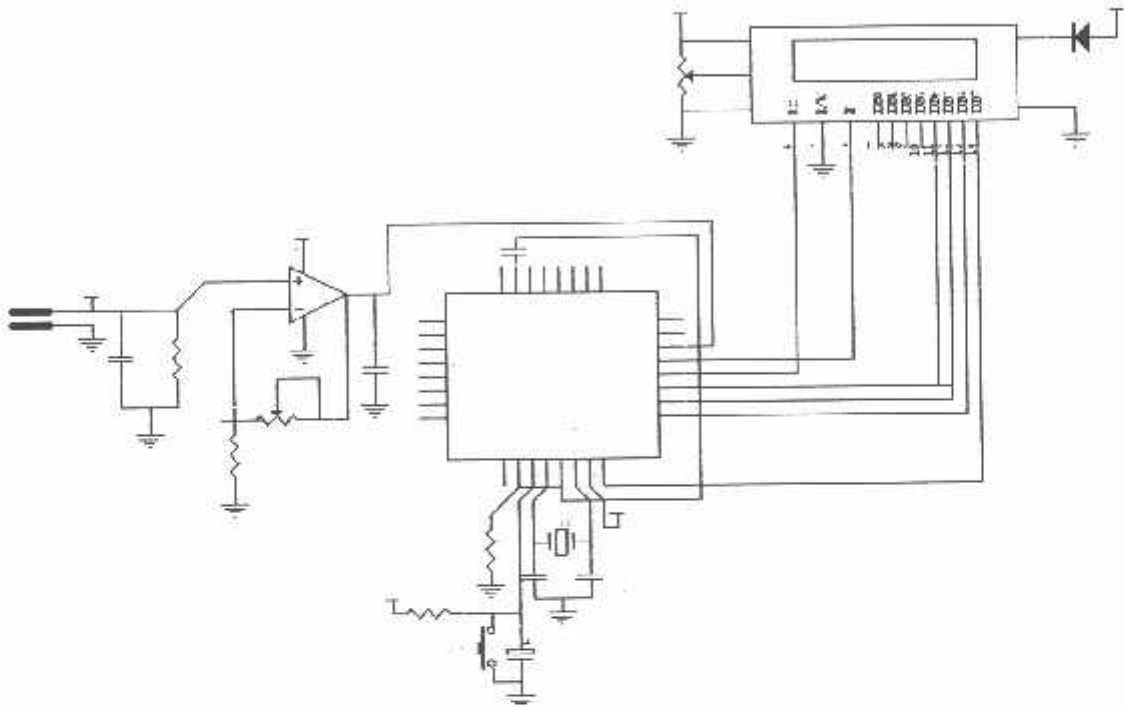
- Acuan [ 1 ] : Boehringer Mannheim,1991:59
- Acuan [ 2 ] : St. Reagensia:2
- Acuan [ 3 ] : All Medicus Co.Ltd.
- Acuan [ 4 ] : Penguat Operasional dan rangkaian Terpadu Linear
- Acuan [ 5 ] : Penguat Operasional dan rangkaian Terpadu Linear
- Acuan [ 6 ] : [www.renesas.com](http://www.renesas.com)
- Acuan [ 7 ] : [www.renesas.com](http://www.renesas.com)
- Acuan [ 8 ] : [www.renesas.com](http://www.renesas.com)
- Acuan [ 9 ] : [www.renesas.com](http://www.renesas.com)
- Acuan [10] : [www.renesas.com](http://www.renesas.com)
- Acuan [11] : Seiko Intrument Inc.
- Acuan [12] : Seiko Intrument Inc.
- Acuan [13] : Seiko Intrument Inc.
- Acuan [14] : Seiko Intrument Inc.
- Acuan [15] : Seiko Intrument Inc.
- Acuan [16] : LCD Module M1632 User Manual
- Acuan [17] : All Medicus Co.Ltd.
- Acuan [18] : Perancangan
- Acuan [19] : Perancangan
- Acuan [20] : Perancangan
-

## DAFTAR PUSTAKA

- Texas Instrument.1998.*LM 324 Data Sheet*.Texas: Texas Instrument Incorporated.
- A. Tjokropawiro, *Diabetes Millitus*,1986
- Malvino,Albert Paul,Ph,D.1994.Prinsip-Prinsip Elektronika. Cetakan Ketujuh.  
Terjemahan Hanapi Gunawan. Jakarta Penerbit : Erlangga.
- Coughlin Robert F, Driscoll Frederick F, *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear*, edisi kedua, Erlangga, Jakarta ,1983
- S, Wasito, *Vademekum Elektronika*, Edisi Kedua, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1984.
- Yopie Hendarto, *Laporan Skripsi*, Jurusan Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Elektronika, Institut Teknologi Nasional Malang.
- Data sheet Mikrokontroler Renesas R8C/13
- All Medicus Co.Ltd.
- Seiko Instrument Inc.
- [http:// www.renesas.com](http://www.renesas.com)
-

# LEMBAR PERBAIKAN SKRIPSI

## 1. Rangkaian Skematik Lengkap



## 2. Jelaskan Cara Kerja Pengkondisi Sinyal

Pengkondisi sinyal adalah suatu rangkaian yang berguna untuk membandingkan tegangan isyarat pada suatu masukan dengan tegangan acuan pada masukan yang lain. Pembanding digunakan untuk menyatakan logika tinggi atau rendah dan mengubah tarap analog ke tarap tegangan digital.

Pengkondisi sinyal berguna untuk menguatkan tegangan ountputan yang dikeluarkan sensor. Cara kerjanya pada saat tegangan masuk pada pin positif (+) maka Op-Amp yang ada akan menguatkan tegangan inputan.

### 3. Jelaskan Mekanisme Penulisan Ke LCD Oleh Mikrokontroller

1. RS harus dipersiapkan dulu, untuk menentukan jenis data seperti yang telah dibicarakan di atas.
2.  $\overline{R/\overline{W}}$  di-nol-kan untuk menandakan akan diadakan pengiriman data ke M1632. Data yang akan dikirim disiapkan di DB0..DB7, sesaat kemudian sinyal E di-satu-kan dan di-nol-kan kembali. Sinyal E merupakan sinyal sinkronisasi, saat E berubah dari 1 menjadi 0 data di DB0 .. DB7 diterima oleh M1632.
3. Untuk mengambil data dari M1632 sinyal  $\overline{R/\overline{W}}$  di-satu-kan, menyusul sinyal E di-satu-kan. Pada saat E menjadi 1, M1632 akan meletakkan datanya di DB0 .. DB7, data ini harus diambil sebelum sinyal E di-nol-kan kembali.

### 4. Mengukur Impedansi dan Arus

Untuk mengukur Impedansi digunakan rumus :

$$Z = \frac{V}{I}$$

Dimana : diketahui  $V = 5 \text{ Volt}$

$I = 9 \text{ mA}$  (didapat dari data sheet Renesas )

$$Z = \frac{5V}{9mA} = 555,5 \Omega$$

---

## **LAMPIRAN**

- 1. LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI**
  - 2. LEMBAR PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI**
  - 3. FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI**
  - 4. SKEMATIK RANGKAIAN**
  - 5. PROGRAM LISTING**
  - 6. DATA SHEET**
-



BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

1. Nama : Djoko Prihatin
2. NIM : 01.17.095
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Elektronika
5. Judul Skripsi : **Ferencanaan dan Pembuatan Alat Pendeteksi Kadar Glukosa Dalam Darah Menggunakan Mikrokontroller Renesas R8C/13 Tiny Yang Dilengkapi Dengan LCD Sebagai Tampilan.**

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

Hari : Jum'at  
Tanggal : 22 September 2006  
Dengan Nilai : 76,4 ( B+ )



**Ir. Mochtar Asroni, MSME**  
NIP.Y.1018100036

**Panitia Ujian Skripsi**

**Sekretaris**

**Ir. F Yudi Limpraptono, MT**  
NIP.Y.1039500274

**Anggota Penguji**

**Ir. Mimien Mustikawati**  
Penguji Pertama

**DR. Cahyo Crysdian, MSc**  
Penguji Kedua



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA

---

**LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI**

Nama : Djoko Prihatin  
NIM : 01.17.095  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Elektronika  
Judul Skripsi : Perencanaan dan Pembuatan Alat Pendeteksi Kadar  
Glukosa Dalam Darah Menggunakan  
Mikrokontroller Renesas R8C/13 Tiny Yang  
Dilengkapi Dengan LCD Sebagai Tampilan.  
Mulai Bimbingan Skripsi : 1 Juli 2006  
Selesai Bimbingan Skripsi : 1 Januari 2007  
Pembimbing I : Ir. F Yudi Limpraptono, MT  
Dengan Nilai : 80

**Mengetahui**  
**Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1**

**(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)**  
**NIP.Y. 1039500274**

**Disetujui**  
**Dosen Pembimbing I**

**(Ir. F Yudi Limpraptono, MT)**  
**NIP.Y. 1039500274**

---






INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA

---

**LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI**

Nama : Djoko Prihatin  
NIM : 01.17.095  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Elektronika  
Judul Skripsi : Perencanaan dan Pembuatan Alat Pendeteksi Kadar  
Glukosa Dalam Darah Menggunakan  
Mikrokontroler Renesas R8C/13 Tiny Yang  
Dilengkapi Dengan LCD Sebagai Tampilan.  
Mulai Bimbingan Skripsi : 1 Juli 2006  
Selesai Bimbingan Skripsi : 1 Januari 2007  
Pembimbing II : Irmalia Suryani F., ST  
Dengan Nilai : 80

**Mengetahui**  
**Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1**

  
**(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)**  
NIP.Y. 1039500274

**Disetujui**  
**Dosen Pembimbing II**

  
**(Irmalia Suryani F, ST)**  
NIP.P.1030100365



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI ELEKTRONIKA

LEMBAR PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi jurusan Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1), yang diselenggarakan pada:

Hari : Jum'at

Tanggal : 22 September 2006

Telah dilakukan perbaikan oleh:

Nama : Djoko Prihatin  
N.I.M : 01.17.095  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Elektronika  
Judul Skripsi : Perencanaan dan Pembuatan Alat Pendeteksi Kadar Glukosa Dalam Darah Menggunakan Mikrokontroller Renesas R8C/13 Tiny Yang Dilengkapi Dengan LCD Sebagai Tampilan.

Perbaikan meliputi:

No.	Materi Perbaikan	Keterangan
1.	Rangkaian Skematik Lengkap (Gambar Rangkaian LCD)	OK
2.	Cara Kerja Pengkondisi Sinyal	OK
3.	Mekanisme Penulisan ke LCD oleh Mikrokontroller	OK
4.	Ukur Impedansi	OK
5.	Rangkaian LCD digambar lengkap	OK

Disetujui

Penguji I

Ir. Mimien Mustikawati

Penguji II

DR. Cahyo Crysdian, MSc

Mengetahui

Dosen Pembimbing I

(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)

NIP.Y.1039500274

Dosen Pembimbing II

(Irmalia Suryani F, ST)

NIP.P.1030100365



## FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

NAMA : DJOKO PRIHATIN  
NIM : 0117095  
Masa Bimbingan : 1 Juli 2006 s/d 1 Januari 2007  
Judul Skripsi : Perencanaan Dan Pembuatan Alat Pendeteksi Kadar Glukosa Dalam Darah Menggunakan Mikrokontroller Renesas R8C/13 Tiny Yang Dilengkapi Dengan LCD Sebagai Tampilan

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	11/2006 18	Bab 2 & Bab II Pendahuluan	
2.		Bab III	
3.		Bab IV	
4.		Daftar	
5.		Bab V	
6.		Seminar Akhir	
7.			
8.			
9.			
10.			

Malang,




Dosen Pembimbing

( Ir. F. Yudi Lampraptono, MT )  
NIP. P 1039500274



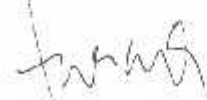
## FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

NAMA : DJOKO PRIHATIN  
NIM : 0117095  
Masa Bimbingan : 1 Juli 2006 s/d 1 Januari 2007  
Judul Skripsi : Perencanaan Dan Pembuatan Alat Pendeteksi Kadar Glukosa Dalam Darah Menggunakan Mikrokontroller Renesas R8C/13 Tiny Yang Dilengkapi Dengan LCD Sebagai Tampilan

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	9-08-06	Redisi BAB I Bk. Nksh	
2.	7-08-06	Agg BAB II : BAB II MP-AMP. Summary	
3.		Agg zinf	
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

Malang,

Dosen Pembimbing,

  
( Irmalia Suryani F. ST )  
NIP 1030100365

```

#include <stdio.h>
#include "sfr_r813.h" /* Definition of the R8C/13 SFR */
int Konst = 0;
int adNil = 0;
int Ratusan = 0;
int Puluhan = 0;
int Satuan = 0;
int cout = 0;
int dec = 0;
/*****
* proto-type declaration
*****/
void init()
{
    asm("FCLR 1"); /* Interrupt disable */
    prcr = 1; /* Protect off */
    cm13 = 1; /* X-in X-out */
    cm15 = 1; /* XCIN-XCOUT drive capacity select
bit : HIGH */
    cm05 = 0; /* X-in on */
    cm16 = 0; /* Main clock = No division mode */
    cm17 = 0;
    cm06 = 0; /* CM16 and CM17 enable */
    asm("nop");
    asm("nop");
    asm("nop");
    asm("nop");
    ocd2 = 0; /* Main clock change */
    prcr = 0; /* Protect on */

    pd1 = 0xFD; /* Setting port direction registers */

    /* A-D operation mode = Repeat mode */
    adcon1 = 0x30; /* 8/10-bit mode select bit = 8-bit mode */
    adcon0 = 0x9D; /* fAD/2 and AN9 is selected */
    adst = 1; /* A-D conversion started */

}

void Delay(long tunggu)
{
    while(tunggu--);
}

void LCD_data(char c, char dat)
{
    p1_2 = c;
    if ((dat & 0x80) == 0x80) p1_7 = 1; else p1_7 = 0;
    if ((dat & 0x40) == 0x40) p1_6 = 1; else p1_6 = 0;
    if ((dat & 0x20) == 0x20) p1_5 = 1; else p1_5 = 0;
    if ((dat & 0x10) == 0x10) p1_4 = 1; else p1_4 = 0;

```

```

        p1_3 = 1;          p1_3 = 0;
        if ((dat & 0x08) == 0x08) p1_7 = 1; else p1_7 = 0;
        if ((dat & 0x04) == 0x04) p1_6 = 1; else p1_6 = 0;
        if ((dat & 0x02) == 0x02) p1_5 = 1; else p1_5 = 0;
        if ((dat & 0x01) == 0x01) p1_4 = 1; else p1_4 = 0;
        p1_3 = 1;          p1_3 = 0;
        Delay(100);
    }

void Tulis_LCD(char a, char* dat)
{
    char i = 0;
    LCD_data(0,a);
    while(dat[i] != 0)
    {
        LCD_data(1,dat[i]); i++;
    }
}

void Tulis_LCD_Hex(char posisi,char dat)
{
    char temp;
    LCD_data(0,posisi);
    temp=((dat>>4)&0x0f)|0x30;
    if (temp> 0x39)temp=temp+7;
    LCD_data(1,temp);
    temp=dat&0x0f|0x30;
    if (temp>0x39)temp=temp+7;
    LCD_data(1,temp);
}

/*****
**
Name:      sfr_init
Parameters: None
Returns:   None
Description: Initial setting of SFR registers
*****/
**/

void main()
{ unsigned char ADC_data;
  init();

  Delay(50000);
  LCD_data(0,0x33); LCD_data(0,0x32); LCD_data(0,0x2F);
  LCD_data(0,0x0E); LCD_data(0,0x06); LCD_data(0,0x06);

  Tulis_LCD(0x80," ALAT TESTER ");
  Tulis_LCD(0xC0," GULA DARAH ");
  Delay(500000);

```

---

```

/*****
*****
* PERHATIAN!!!!!!!!!!!!!!
* Program ini tidak berjalan dengan baik jika Jumper LED di Board HRS8000
* terpasang, tegangan LED akan mempengaruhi masukan ADC
*****
*****/

```

```

while (1)
{
  ADC_data=ad; Delay(500);
  if((ADC_data==ad)&(ADC_data>0x10))
  {
    if (ADC_data<0x18)
    {Tulis_LCD(0x80,"KDR GL:94mg/dl");
      Tulis_LCD(0xC0,"KDR GULA NRL ");
      Delay(500000);
      while(ad>0x10);
      ADC_data=0;
    }else
    if (ADC_data<0x19)
    {Tulis_LCD(0x80,"KDR GL:95mg/dl");
      Tulis_LCD(0xC0,"KDR GULA NRL ");
      Delay(500000);
      while(ad>0x10);
      ADC_data=0;
    }else
    if (ADC_data<0x1A)
    {Tulis_LCD(0x80,"KDR GL:96mg/dl");
      Tulis_LCD(0xC0,"KDR GULA NRL ");
      Delay(500000);
      while(ad>0x10);
      ADC_data=0;
    }else
    if (ADC_data<0x1C)
    {Tulis_LCD(0x80,"KDR GL:97mg/dl");
      Tulis_LCD(0xC0,"KDR GULA NRL ");
      Delay(500000);
      while(ad>0x10);
      ADC_data=0;
    }else
    if (ADC_data<0x1F)
    {Tulis_LCD(0x80,"KDR GL:97mg/dl");
      Tulis_LCD(0xC0,"KDR GULA NRL ");
      Delay(500000);
      while(ad>0x10);
      ADC_data=0;
    }else
    if (ADC_data<0x29)
    {Tulis_LCD(0x80,"KDR GL:100mg/dl");

```

```

Tulis_LCD(0xC0,"KDR GULA NRL ");
Delay(500000);
while(ad>0x10);
    ADC_data=0;
} else
    if (ADC_data<0x2F)
{Tulis_LCD(0x80,"KDR GL:110mg/dl");
Tulis_LCD(0xC0,"KDR GULA NRL ");
    Delay(500000);
    while(ad>0x10);
        ADC_data=0;
    } else
        if (ADC_data<0x39)
{Tulis_LCD(0x80,"KDR GL:120mg/dl");
Tulis_LCD(0xC0,"KDR GULA NRL ");
    Delay(500000);
    while(ad>0x10);
        ADC_data=0;
    } else
        if (ADC_data<0x3F)
{Tulis_LCD(0x80,"KDR GL:140mg/dl");
Tulis_LCD(0xC0,"KDR GULA NRL ");
    Delay(500000);
    while(ad>0x10);
        ADC_data=0;
    } else
        if (ADC_data<0x49)
{Tulis_LCD(0x80,"KDR GL:160mg/dl");
Tulis_LCD(0xC0,"KDR GULA NRL ");
    Delay(500000);
    while(ad>0x10);
        ADC_data=0;
    } else
        if (ADC_data<0x4F)
{Tulis_LCD(0x80,"KDR GL:170mg/dl");
Tulis_LCD(0xC0,"KDR GULA NRL");
    Delay(500000);while(ad>0x10);
        ADC_data=0;
    } else
        if (ADC_data<0x59)
{Tulis_LCD(0x80,"KDR GL:179mg/dl");
Tulis_LCD(0xC0,"KDR GULA NRL");
    Delay(500000);while(ad>0x10);
        ADC_data=0;
    } else
        if (ADC_data<0x5F)
{Tulis_LCD(0x80,"KDR GL:180mg/dl");
Tulis_LCD(0xC0,"KDR GULA NLR");
    Delay(500000);while(ad>0x10);
        ADC_data=0;
    } else

```

---



```

if (ADC_data<0x69)
{Tulis_LCD(0x80,"KDR GL:180mg/dl");
Tulis_LCD(0xC0,"KDR GULA TINGGI");
Delay(500000);while(ad>0x10);
ADC_data=0;
}else
if (ADC_data<0x6F)
{Tulis_LCD(0x80,"KDR GL:190mg/dl");
Tulis_LCD(0xC0,"KDR GULA TINGGI");
Delay(500000);while(ad>0x10);
ADC_data=0;
}else
if (ADC_data<0x79)
{Tulis_LCD(0x80,"KDR GL:194mg/dl");
Tulis_LCD(0xC0,"KDR GULA TINGGI");
Delay(500000);while(ad>0x10);
ADC_data=0;
}else
if (ADC_data<0x7F)
{Tulis_LCD(0x80,"KDR GL:200mg/dl");
Tulis_LCD(0xC0,"KDR GULA TINGGI");
Delay(500000);while(ad>0x10);
ADC_data=0;
}else
if (ADC_data<0x99)
{Tulis_LCD(0x80,"KDR GL:210mg/dl");
Tulis_LCD(0xC0,"KDR GULA TINGGI");
Delay(500000);while(ad>0x10);
ADC_data=0;
}else
if (ADC_data<0x9F)
{Tulis_LCD(0x80,"KDR GL:220mg/dl");
Tulis_LCD(0xC0,"KDR GULA TINGGI");
Delay(500000);while(ad>0x10);
ADC_data=0;
}else
if (ADC_data<0xA9)
{Tulis_LCD(0x80,"KDR GL:230mg/dl");
Tulis_LCD(0xC0,"KDR GULA TINGGI");
Delay(500000);while(ad>0x10);
ADC_data=0;
}else
if (ADC_data<0xAF)
{Tulis_LCD(0x80,"KDR GL:240mg/dl");
Tulis_LCD(0xC0,"KDR GULA TINGGI");
Delay(500000);while(ad>0x10);
ADC_data=0;
}else
if (ADC_data<0xB9)
{Tulis_LCD(0x80,"KDR GL:250mg/dl");
Tulis_LCD(0xC0,"KDR GULA TINGGI");

```

---

```

        Delay(500000);while(ad>0x10);
        ADC_data=0;
    }else
        if (ADC_data<0xBF)
    {Tulis_LCD(0x80,"KDR GL:260mg/dl");
    Tulis_LCD(0xC0,"KDR GULA TINGGI");
    Delay(500000);while(ad>0x10);
    ADC_data=0;
    }else
        if (ADC_data<0xC9)
    {Tulis_LCD(0x80,"KDR GL:270mg/dl");
    Tulis_LCD(0xC0,"KDR GULA TINGGI");
    Delay(500000);while(ad>0x10);
    ADC_data=0;
    }else
        if (ADC_data<0xCF)
    {Tulis_LCD(0x80,"KDR GL:280mg/dl");
    Tulis_LCD(0xC0,"KDR GULA TINGGI");
    Delay(500000);while(ad>0x10);
    ADC_data=0;
    }else
        if (ADC_data<0xD9)
    {Tulis_LCD(0x80,"KDR GL:290mg/dl");
    Tulis_LCD(0xC0,"KDR GULA TINGGI");
    Delay(500000);while(ad>0x10);
    ADC_data=0;
    }else
        if (ADC_data<0xDF)
    {Tulis_LCD(0x80,"KDR GL:300mg/dl");
    Tulis_LCD(0xC0,"KDR GULA TINGGI");
    Delay(500000);while(ad>0x10);
    ADC_data=0;
    }else
        if (ADC_data<0xE9)
    {Tulis_LCD(0x80,"KDR GL:310mg/dl");
    Tulis_LCD(0xC0,"KDR GULA TINGGI");
    Delay(500000);while(ad>0x10);
    ADC_data=0;
    }else
        if (ADC_data<0xEF)
    {Tulis_LCD(0x80,"KDR GL:370mg/dl");
    Tulis_LCD(0xC0,"KDR GULA TINGGI");
    Delay(500000);while(ad>0x10);
    ADC_data=0;
    }else
        if (ADC_data<0xF9)
    {Tulis_LCD(0x80,"KDR GL:380mg/dl");
    Tulis_LCD(0xC0,"KDR GULA TINGGI");
    Delay(500000);while(ad>0x10);
    ADC_data=0;
    }
}

```

---

## Overview

This MCU is built using the high-performance silicon gate CMOS process using a R8C/Tiny Series CPU core and is packaged in a 32-pin plastic molded LQFP. This MCU operates using sophisticated instructions attaining a high level of instruction efficiency. With 1M bytes of address space, it is capable of executing instructions at high speed.

The data flash ROM (2 KB X 2 blocks) is embedded.

## 1 Applications

Electric household appliance, office equipment, housing equipment (sensor, security), general industrial equipment, audio, etc.

## 2 Performance Outline

Table 1.1. lists the performance outline of this MCU.

Table 1.1 Performance outline

	Item	Performance
CPU	Number of basic instructions	89 instructions
	Shortest instruction execution time	50 ns ( $f(XIN) = 20$ MHz, $V_{CC} = 3.0$ to 5.5 V) 100 ns ( $f(XIN) = 10$ MHz, $V_{CC} = 2.7$ to 5.5 V)
	Operating mode	Single-chip
	Address space	1M bytes
	Memory capacity	See Table 1.2.
Peripheral function	Interrupt	Internal: 11 factors, External: 5 factors, Software: 4 factors, Priority level: 7 levels
	Watchdog timer	15 bits x 1 (with prescaler) Reset start function selectable
	Timer	Timer X: 8 bits x 1 channel, Timer Y: 8 bits x 1 channel, Timer Z: 8 bits x 1 channel (Each timer equipped with 8-bit prescaler) Timer C: 16 bits x 1 channel Circuits of input capture and output compare.
	Serial interface	•1 channel Clock synchronous, UART •1 channel UART
	A/D converter	10-bit A/D converter: 1 circuit, 12 channels
	Clock generation circuit	2 circuits •Main clock generation circuit (Equipped with a built-in feedback resistor) •On-chip oscillator (high-speed, low-speed) On high-speed on-chip oscillator the frequency adjustment function is usable.
	Oscillation stop detection function	Stop detection of main clock oscillation
	Voltage detection circuit	Included
	Power on reset circuit	Included
	Port	Input/Output: 22 (including LED drive port), Input: 2 (LED drive I/O port: 8)
Electrical characteristics	Power supply voltage	$V_{CC} = 3.0$ to 5.5V ( $f(XIN) = 20$ MHz) $V_{CC} = 2.7$ to 5.5V ( $f(XIN) = 10$ MHz)
	Power consumption	Typ.9 mA ( $V_{CC} = 5.0$ V, ( $f(XIN) = 20$ MHz, High-speed mode) Typ.5 mA ( $V_{CC} = 3.0$ V, ( $f(XIN) = 10$ MHz, High-speed mode) Typ.35 $\mu$ A ( $V_{CC} = 3.0$ V, Wait mode, Peripheral clock stops) Typ.0.7 $\mu$ A ( $V_{CC} = 3.0$ V, Stop mode)
Flash memory	Program/erase voltage	$V_{CC} = 2.7$ to 5.5 V
	Number of program/erase	10,000 times (Data area) 1,000 times (Program area)
Operating ambient temperature		-20 to 85°C -40 to 85°C (D-version)
Package		32-pin plastic mold LQFP

3 Block Diagram

Figure 1.1 shows this MCU block diagram.

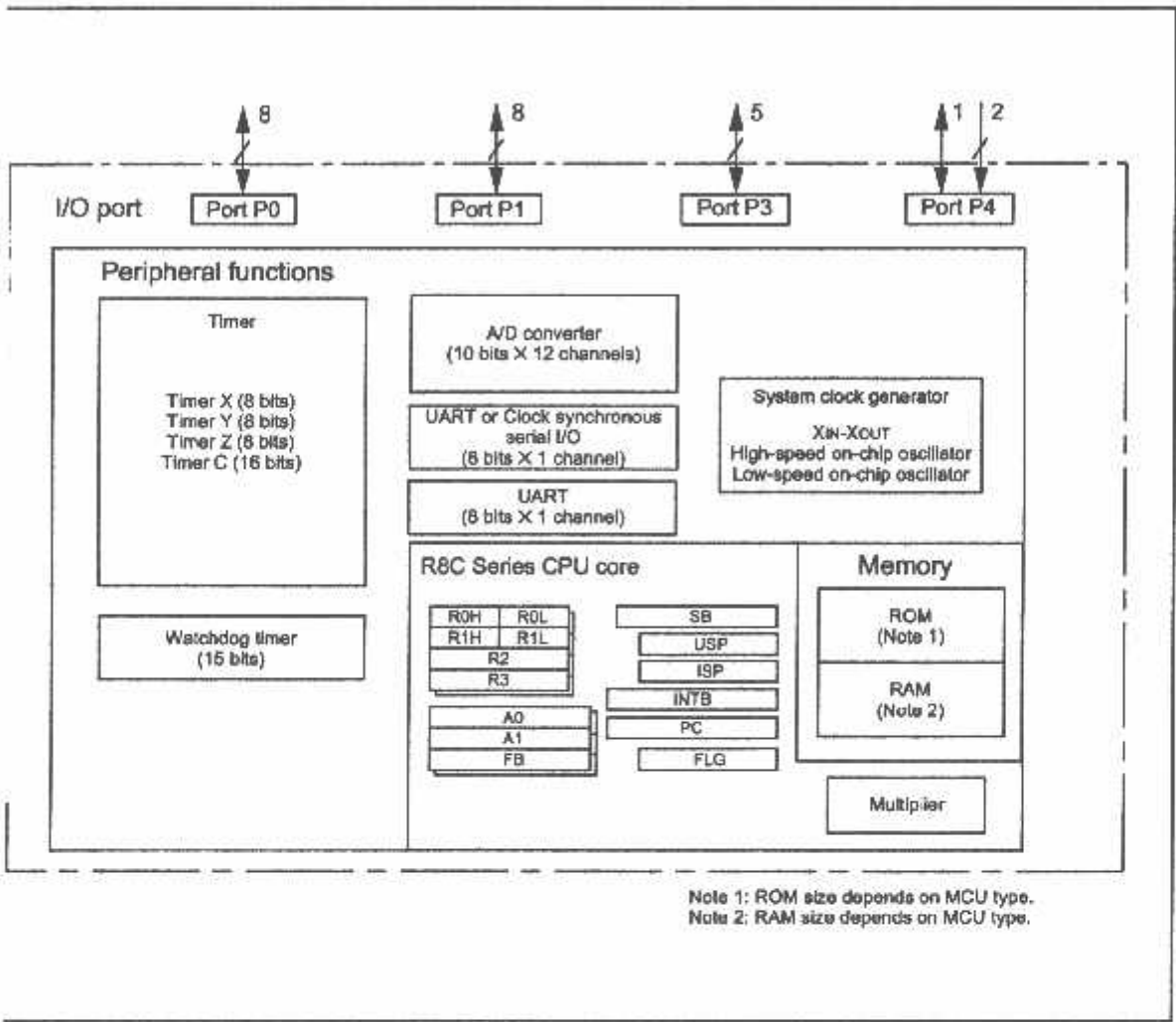


Figure 1.1 Block Diagram

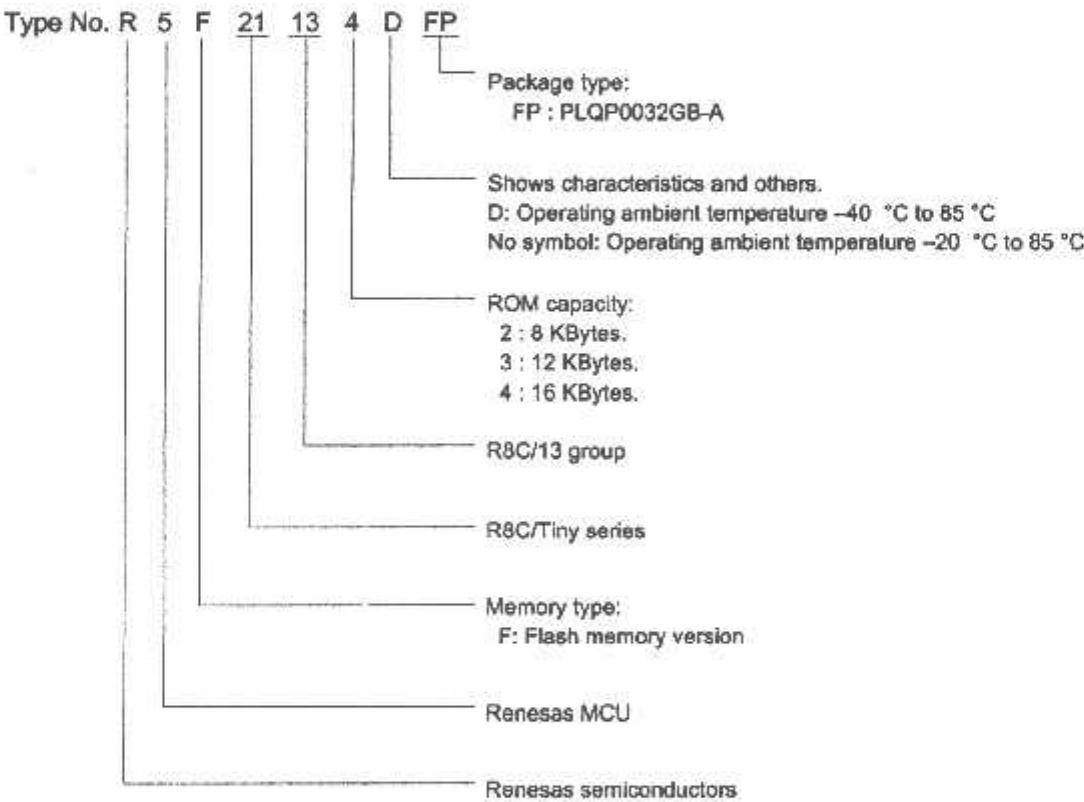
4 Product Information

Table 1.2 lists the products.

ble 1.2 Product List

As of April 2005

Type No.	ROM capacity		RAM capacity	Package type	Remarks
	Program area	Data area			
5F21132FP	8K bytes	2K bytes x 2	512 bytes	PLQP0032GB-A	Flash memory version
5F21133FP	12K bytes	2K bytes x 2	768 bytes	PLQP0032GB-A	
5F21134FP	16K bytes	2K bytes x 2	1K bytes	PLQP0032GB-A	
5F21132DFP	8K bytes	2K bytes x 2	512 bytes	PLQP0032GB-A	D version
5F21133DFP	12K bytes	2K bytes x 2	768 bytes	PLQP0032GB-A	
5F21134DFP	16K bytes	2K bytes x 2	1K bytes	PLQP0032GB-A	



gure 1.2 Type No., Memory Size, and Package

Pin Assignments

Figure 1.3 shows the pin configuration (top view).

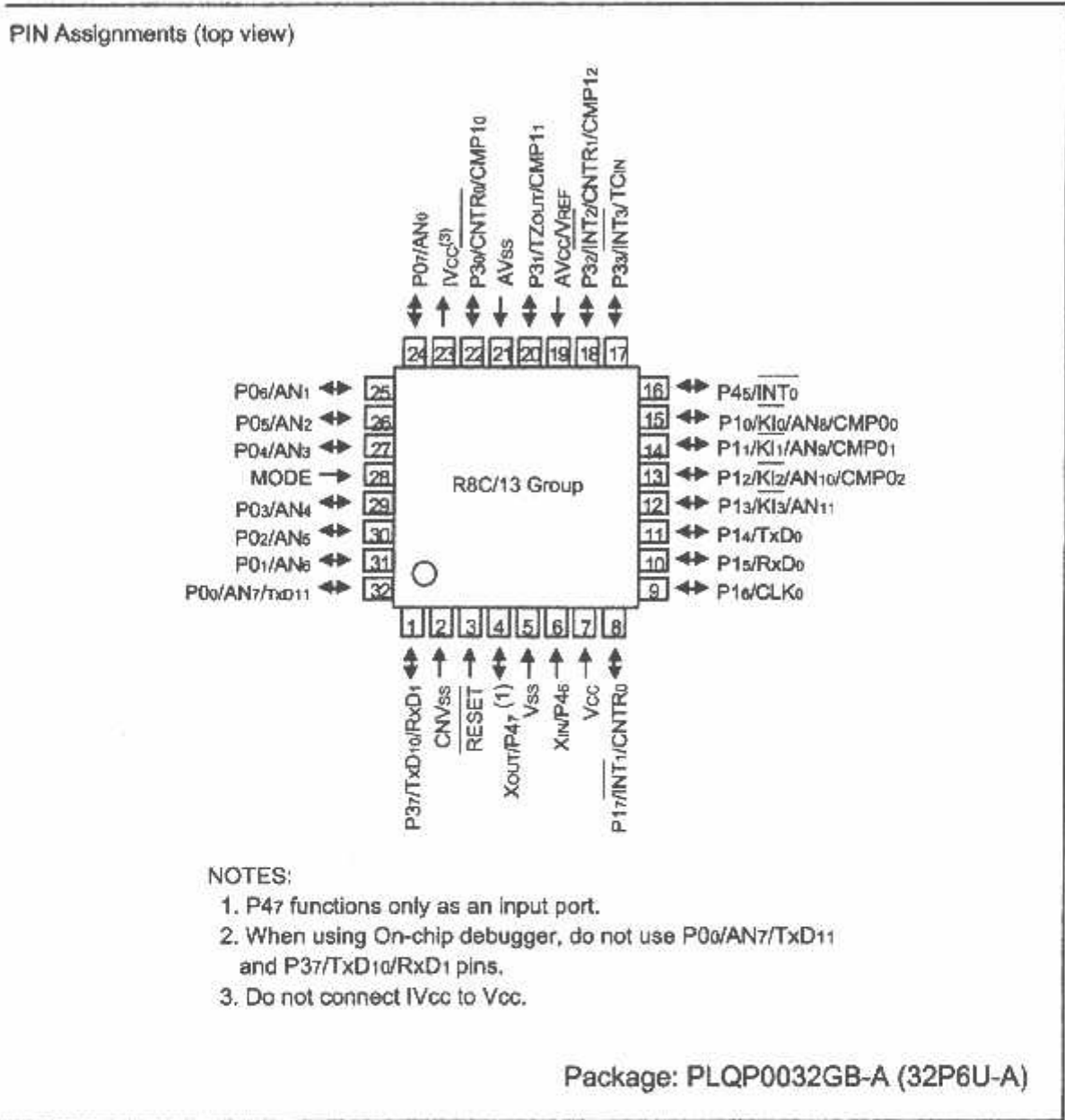


Figure 1.3 Pin Assignments (Top View)

## 6 Pin Description

Table 1.3 shows the pin description

Table 1.3 Pin description

Signal name	Pin name	I/O type	Function
Power supply input	Vcc, Vss	I	Apply 2.7 V to 5.5 V to the Vcc pin. Apply 0 V to the Vss pin.
Power supply	IVcc	O	This pin is to stabilize internal power supply. Connect this pin to Vss via a capacitor (0.1 $\mu$ F). Do not connect to Vcc.
Analog power supply input	AVcc, AVss	I	These are power supply input pins for A/D converter. Connect the AVcc pin to Vcc. Connect the AVss pin to Vss. Connect a capacitor between pins AVcc and AVss.
Reset input	RESET	I	"L" on this input resets the MCU.
AVss	CNVss	I	Connect this pin to Vss via a resistor <sup>(1)</sup> .
MODE	MODE	I	Connect this pin to Vcc via a resistor.
External clock input	XIN	I	These pins are provided for the main clock generating circuit I/O. Connect a ceramic resonator or a crystal oscillator between the XIN and XOUT pins. To use an externally derived clock, input it to the XIN pin and leave the XOUT pin open.
External clock output	XOUT	O	
Interrupt input	INT0 to INT3	I	These are INT interrupt input pins.
Key input interrupt	KI0 to KI3	I	These are key input interrupt pins.
Timer X	CNTR0	I/O	This is the timer X I/O pin.
	CNTR0	O	This is the timer X output pin.
Timer Y	CNTR1	I/O	This is the timer Y I/O pin.
Timer Z	TZOUT	O	This is the timer Z output pin.
Timer C	TCIN	I	This is the timer C input pin.
	CMP00 to CMP03, CMP10 to CMP13	O	These are the timer C output pins.
Serial interface	CLK0	I/O	This is a transfer clock I/O pin.
	RxD0, RxD1	I	These are serial data input pins.
	TxD0, TxD10, TxD11	O	These are serial data output pins.
Reference voltage input	VREF	I	This is a reference voltage input pin for A/D converter. Connect the VREF pin to Vcc.
A/D converter	AN0 to AN11	I	These are analog input pins for A/D converter.
I/O port	P00 to P07, P10 to P17, P30 to P33, P37, P45	I/O	These are 8-bit CMOS I/O ports. Each port has an I/O select direction register, allowing each pin in that port to be directed for input or output individually. Any port set to input can select whether to use a pull-up resistor or not by program. P10 to P17 also function as LED drive ports.
Input port	P46, P47	I	These are input only pins.



# Central Processing Unit (CPU)

Figure 2.1 shows the CPU registers. The CPU has 13 registers. Of these, R0, R1, R2, R3, A0, A1 and FB comprise a register bank. There are two register banks.

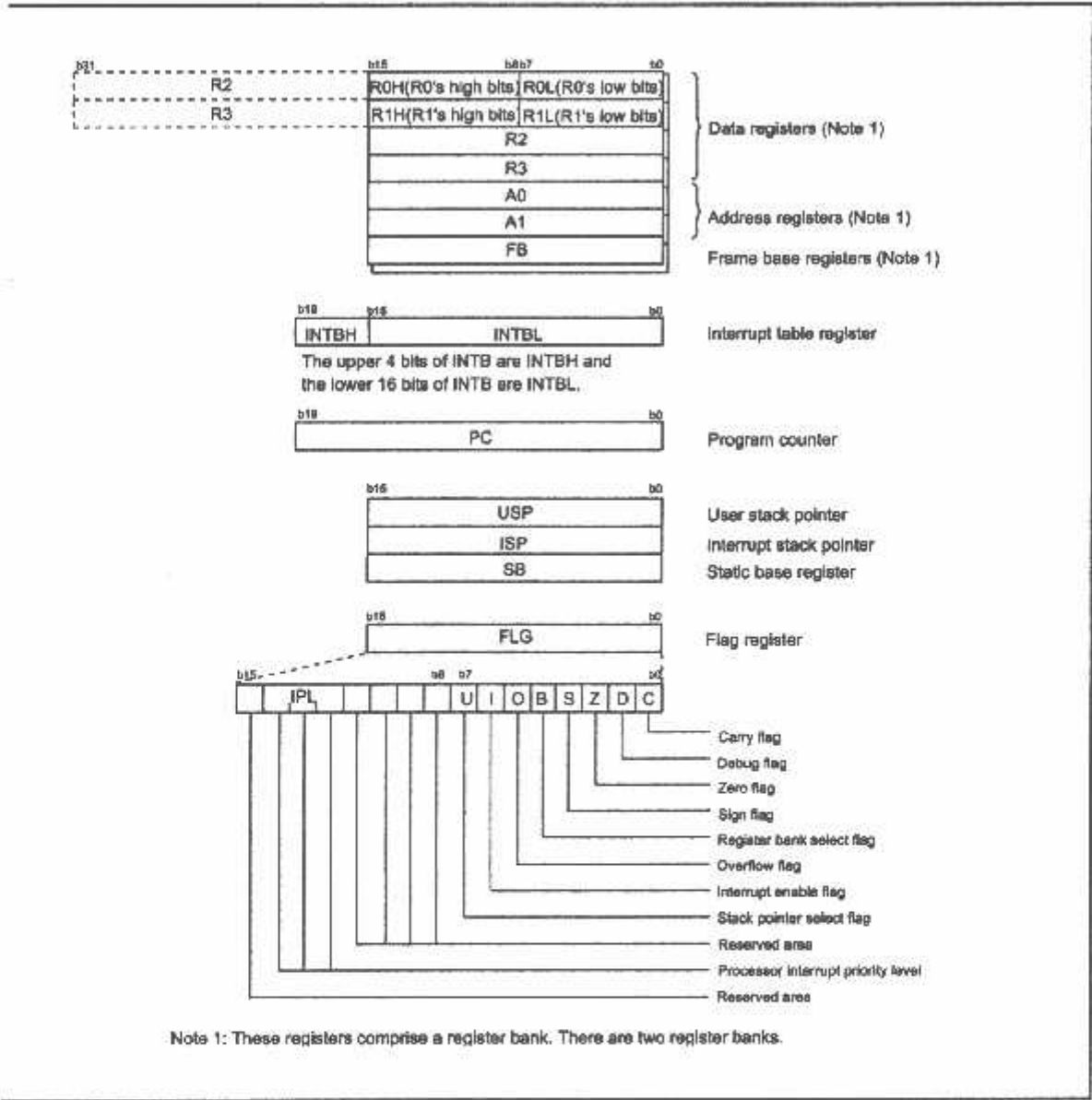


Figure 2.1 Central Processing Unit Register

## 2.1 Data Registers (R0, R1, R2 and R3)

The R0 register consists of 16 bits, and is used mainly for transfers and arithmetic/logic operations. R1 to R3 are the same as R0.

The R0 register can be separated between high (R0H) and low (R0L) for use as two 8-bit data registers. R1H and R1L are the same as R0H and R0L. Conversely, R2 and R0 can be combined for use as a 32-bit data register (R2R0). R3R1 is the same as R2R0.

### Address Registers (A0 and A1)

The register A0 consists of 16 bits, and is used for address register indirect addressing and address register relative addressing. They also are used for transfers and logic/logic operations. A1 is the same as A0. In some instructions, registers A1 and A0 can be combined for use as a 32-bit address register (A1A0).

### Frame Base Register (FB)

FB is configured with 16 bits, and is used for FB relative addressing.

### Interrupt Table Register (INTB)

INTB is configured with 20 bits, indicating the start address of an interrupt vector table.

### Program Counter (PC)

PC is configured with 20 bits, indicating the address of an instruction to be executed.

### User Stack Pointer (USP) and Interrupt Stack Pointer (ISP)

Stack pointer (SP) comes in two types: USP and ISP, each configured with 16 bits. Your desired type of stack pointer (USP or ISP) can be selected by the U flag of FLG.

### Static Base Register (SB)

SB is configured with 16 bits, and is used for SB relative addressing.

### Flag Register (FLG)

FLG consists of 11 bits, indicating the CPU status.

#### 2.8.1 Carry Flag (C Flag)

This flag retains a carry, borrow, or shift-out bit that has occurred in the arithmetic/logic unit.

#### 2.8.2 Debug Flag (D Flag)

The D flag is used exclusively for debugging purpose. During normal use, it must be set to "0".

#### 2.8.3 Zero Flag (Z Flag)

This flag is set to "1" when an arithmetic operation resulted in 0; otherwise, it is "0".

#### 2.8.4 Sign Flag (S Flag)

This flag is set to "1" when an arithmetic operation resulted in a negative value; otherwise, it is "0".

#### 2.8.5 Register Bank Select Flag (B Flag)

Register bank 0 is selected when this flag is "0"; register bank 1 is selected when this flag is "1".

#### 2.8.6 Overflow Flag (O Flag)

This flag is set to "1" when the operation resulted in an overflow; otherwise, it is "0".

#### 2.8.7 Interrupt Enable Flag (I Flag)

This flag enables a maskable interrupt.

Maskable interrupts are disabled when the I flag is "0", and are enabled when the I flag is "1". The I flag is cleared to "0" when the interrupt request is accepted.

#### 2.8.8 Stack Pointer Select Flag (U Flag)

ISP is selected when the U flag is "0"; USP is selected when the U flag is "1".

The U flag is cleared to "0" when a hardware interrupt request is accepted or an INT instruction for software interrupt Nos. 0 to 31 is executed.

#### 2.8.9 Processor Interrupt Priority Level (IPL)

IPL is configured with three bits, for specification of up to eight processor interrupt priority levels from level 0 to level 7.

If a requested interrupt has priority greater than IPL, the interrupt is enabled.

#### 2.8.10 Reserved Area

When write to this bit, write "0". When read, its content is indeterminate.

# Memory

Figure 3.1 is a memory map of this MCU. The address space extends the 1M bytes from address 00000<sub>16</sub> to FFFF<sub>16</sub>.

The internal ROM (program area) is allocated in a lower address direction beginning with address 0FFFF<sub>16</sub>. For example, a 16-Kbyte internal ROM is allocated to the addresses from 0C000<sub>16</sub> to 0FFFF<sub>16</sub>.

The fixed interrupt vector table is allocated to the addresses from 0FFDC<sub>16</sub> to 0FFFF<sub>16</sub>. Therefore, store the start address of each interrupt routine here.

The internal ROM (data area) is allocated to the addresses from 02000<sub>16</sub> to 02FFF<sub>16</sub>.

The internal RAM is allocated in an upper address direction beginning with address 00400<sub>16</sub>. For example, a 1-Kbyte internal RAM is allocated to the addresses from 00400<sub>16</sub> to 007FF<sub>16</sub>. In addition to storing data, the internal RAM also stores the stack used when calling subroutines and when interrupts are generated.

Special function registers (SFR) are allocated to the addresses from 00000<sub>16</sub> to 002FF<sub>16</sub>. Peripheral function control registers are located here. Of the SFR, any space which has no functions allocated is reserved for future use and cannot be used by users.

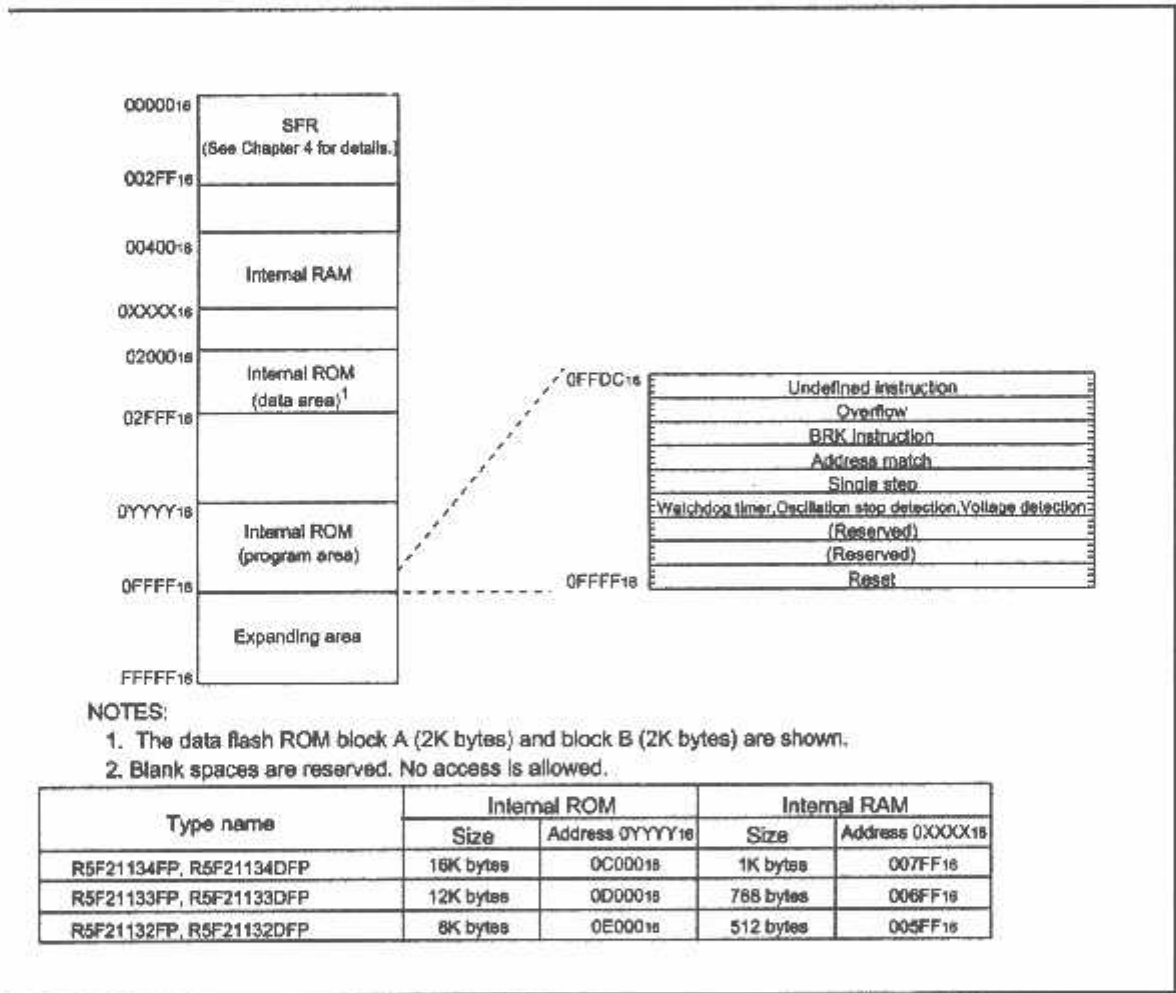


Figure 3.1 Memory Map

## Special Function Register (SFR)

SFR(Special Function Register) is the control register of peripheral functions. Tables 4.1 to 4.4 list the SFR information

**Table 4.1 SFR Information(1)(1)**

	Register	Symbol	After reset
00h			
01h			
02h			
03h			
04h	Processor mode register 0 <sup>1</sup>	PM0	0016
05h	Processor mode register 1	PM1	0016
06h	System clock control register 0	CM0	011010002
07h	System clock control register 1	CM1	001000002
08h	High-speed on-chip oscillator control register 0	HR0	0016
09h	Address match interrupt enable register	AIER	XXXXXX002
0Ah	Protect register	PRCR	00XX0002
0Bh	High-speed on-chip oscillator control register 1	HR1	4016
0Ch	Oscillation stop detection register	OCD	000001002
0Dh	Watchdog timer reset register	WDTR	XX16
0Eh	Watchdog timer start register	WDS	XX16
0Fh	Watchdog timer control register	WDC	000111112
10h	Address match interrupt register 0	RMAD0	0016 0016 X016
11h			
12h	Address match interrupt register 1	RMAD1	0016 0016 X016
13h			
14h	Voltage detection register 1 <sup>2</sup>	VCR1	000010002
15h	Voltage detection register 2 <sup>2</sup>	VCR2	0016 <sup>3</sup> 100000002 <sup>4</sup>
16h			
17h			
18h			
19h			
1A h	INT0 input filter select register	INT0F	XXXXX0002
1B h	Voltage detection interrupt register 2	D4INT	0016 <sup>3</sup> 010000012 <sup>4</sup>
1C h			
1D h			
1E h			
1F h			
20h			
21h			
22h			
23h			
24h			
25h			
26h			
27h			
28h			
29h			
2Ah			
2Bh			
2Ch			
2Dh			
2Eh			
2Fh			
30h			
31h			
32h			
33h			
34h			
35h			
36h			
37h			
38h			
39h			
3Ah			
3Bh			
3Ch			
3Dh			
3Eh			
3Fh			

defined

blank columns are all reserved space. No access is allowed.

software reset or the watchdog timer reset does not affect this register.

Trigger to Reset input.

1 the case of RESET pin = H retaining.

4.2 SFR Information(2)(1)

Address	Register	Symbol	After reset
01h			
11h			
21h			
31h			
41h			
51h			
61h			
71h			
81h			
91h			
A1h			
B1h			
C1h			
D1h			
E1h	Key input interrupt control register	KUPIC	XXXXX0002
F1h	AD conversion interrupt control register	ADIC	XXXXX0002
101h	Compare 1 interrupt control register	CMP1IC	XXXXX0002
110h	UART0 transmit interrupt control register	S0TIC	XXXXX0002
111h	UART0 receive interrupt control register	S0RIC	XXXXX0002
112h	UART1 transmit interrupt control register	S1TIC	XXXXX0002
113h	UART1 receive interrupt control register	S1RIC	XXXXX0002
114h	INT2 interrupt control register	INT2IC	XXXXX0002
115h	Timer X interrupt control register	TXIC	XXXXX0002
116h	Timer Y interrupt control register	TYIC	XXXXX0002
117h	Timer Z interrupt control register	TZIC	XXXXX0002
118h	INT1 interrupt control register	INT1IC	XXXXX0002
119h	INT3 interrupt control register	INT3IC	XXXXX0002
11Ah	Timer C interrupt control register	TCIC	XXXXX0002
11Bh	Compare 0 interrupt control register	CMP0IC	XXXXX0002
11Ch	INT0 interrupt control register	INT0IC	XXXXX0002
11Dh			
11Eh			
11Fh			
12h			
13h			
14h			
15h			
16h			
17h			
18h			
19h			
1Ah			
1Bh			
1Ch			
1Dh			
1Eh			
1Fh			
20h			
21h			
22h			
23h			
24h			
25h			
26h			
27h			
28h			
29h			
2Ah			
2Bh			
2Ch			
2Dh			
2Eh			
2Fh			

Undefined  
RES:  
Blank columns are all reserved space. No access is allowed.

Table 4.3 SFR Information(3)(1)

Address	Register	Symbol	After reset
080H	Timer Y, Z mode register	TYZMR	0016
081H	Prescaler Y	PREY	FF16
082H	Timer Y secondary	TYSC	FF16
083H	Timer Y primary	TYPR	FF16
084H	Timer Y, Z waveform output control register	PUM	0016
085H	Prescaler Z	PREZ	FF16
086H	Timer Z secondary	TZSC	FF16
087H	Timer Z primary	TZPR	FF16
088H			
089H			
08AH	Timer Y, Z output control register	TYZOC	0016
08BH	Timer X mode register	TXMR	0016
08CH	Prescaler X	PREX	FF16
08DH	Timer X register	TX	FF16
08EH	Count source set register	TCSS	0016
08FH			
090H	Timer C register	TC	0016
091H			0016
092H			
093H			
094H			
095H			
096H	External input enable register	INTEN	0016
097H			
098H	Key input enable register	KIEN	0016
099H			
09AH	Timer C control register 0	TCC0	0016
09BH	Timer C control register 1	TCC1	0016
09CH	Capture, compare 0 register	TM0	0016
09DH			0016 <sup>2</sup>
09EH	Compare 1 register	TM1	FF16
09FH			FF16
0A0H	UART0 transmit/receive mode register	U0MR	0016
0A1H	UART0 bit rate register	U0BRG	XX16
0A2H	UART0 transmit buffer register	U0TB	XX16
0A3H			XX16
0A4H	UART0 transmit/receive control register 0	U0C0	000010002
0A5H	UART0 transmit/receive control register 1	U0C1	000000102
0A6H	UART0 receive buffer register	U0RB	XX16
0A7H			XX16
0A8H	UART1 transmit/receive mode register	U1MR	0016
0A9H	UART1 bit rate register	U1BRG	XX16
0AAH	UART1 transmit buffer register	U1TB	XX16
0ABH			XX16
0AC1H	UART1 transmit/receive control register 0	U1C0	000010002
0AD1H	UART1 transmit/receive control register 1	U1C1	000000102
0AE1H	UART1 receive buffer register	U1RB	XX16
0AF1H			XX16
0B0H	UART transmit/receive control register 2	UCON	0016
0B1H			
0B2H			
0B3H			
0B4H			
0B5H			
0B6H			
0B7H			
0B8H			
0B9H			
0BAH			
0BBH			
0BCH			
0BDH			
0BEH			
0BFH			

Undefined

Notes:

1. Blank columns are all reserved space. No access is allowed.  
2. When the output compare mode is selected (the TCC13 bit in the TCC1 register = 1), the value is set to FFFF16.



Table 4.4 SFR Information(4)(1)

Address	Register	Symbol	After reset
0000h	AD register	AD	XX16
0010h			
0020h			XX16
0030h			
0040h			
0050h			
0060h			
0070h			
0080h			
0090h			
00A0h			
00B0h			
00C0h			
00D0h			
00E0h			
00F0h			
0100h			
0110h			
0120h			
0130h			
0140h	AD control register 2	ADCON2	0016
0150h			
0160h	AD control register 0	ADCON0	00000XX2
0170h	AD control register 1	ADCON1	0016
0180h			
0190h			
01A0h			
01B0h			
01C0h			
01D0h			
01E0h			
01F0h			
0200h	Port P0 register	P0	XX16
0210h	Port P1 register	P1	XX16
0220h	Port P0 direction register	PD0	0016
0230h	Port P1 direction register	PD1	0016
0240h			
0250h	Port P3 register	P3	XX16
0260h			
0270h	Port P3 direction register	PD3	0016
0280h	Port P4 register	P4	XX16
0290h			
02A0h	Port P4 direction register	PD4	0016
02B0h			
02C0h			
02D0h			
02E0h			
02F0h			
0300h			
0310h			
0320h			
0330h			
0340h			
0350h			
0360h			
0370h			
0380h			
0390h			
03A0h			
03B0h			
03C0h	Pull-up control register 0	PUR0	00XX00002
03D0h	Pull-up control register 1	PUR1	XXXXXX0X2
03E0h	Port P1 drive capacity control register	DDR	0016
03F0h	Timer C output control register	TCOUT	0016
...			
300h	Flash memory control register 4	FMR4	010000002
400h			
500h	Flash memory control register 1	FMR1	1000000X2
600h			
700h	Flash memory control register 0	FMR0	000000012
...			
F00h	Option function select register (2)	OFS	Nota 2

defined  
S: blank area, 0100h to 01B2h and 01B8h to 02FFh are reserved and cannot be used by users.  
a watchdog timer control bit is assigned. Refer to "Figure11.2 OFS, WDC, WDTR and WDTS registers" of Hardware Manual for details

Electrical Characteristics

Table 5.1 Absolute Maximum Ratings

Symbol	Parameter	Condition	Rated value	Unit
Vcc	Supply voltage	Vcc=AVcc	-0.3 to 6.5	V
AVcc	Analog supply voltage	Vcc=AVcc	-0.3 to 6.5	V
Vi	Input voltage		-0.3 to Vcc+0.3	V
Vo	Output voltage		-0.3 to Vcc+0.3	V
Pa	Power dissipation	Topr=25 °C	300	mW
Topr	Operating ambient temperature		-20 to 85 / -40 to 85 (D version)	°C
Tstg	Storage temperature		-85 to 150	°C

Table 5.2 Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	Conditions	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Vcc	Supply voltage		2.7		5.5	V
AVcc	Analog supply voltage			Vcc <sup>3</sup>		V
Vss	Supply voltage			0		V
AVss	Analog supply voltage			0		V
VIH	"H" input voltage		0.8Vcc		Vcc	V
VIL	"L" input voltage		0		0.2Vcc	V
IOH (sum)	"H" peak all output currents (peak)	Sum of all pins' IOH			-60.0	mA
IOH (peak)	"H" peak output current				-10.0	mA
IOH (avg)	"H" average output current				-5.0	mA
IOL (sum)	"L" peak all output currents (peak)	Sum of all pins' IOL			60	mA
IOL (peak)	"L" peak output current	Except P10 to P17			10	mA
		P10 to P17			30	mA
		Drive ability HIGH			10	mA
		Drive ability LOW			5	mA
IOL (avg)	"L" average output current	Except P10 to P17			15	mA
		P10 to P17			5	mA
		Drive ability LOW			5	mA
f (Xin)	Main clock input oscillation frequency	3.0V ≤ Vcc ≤ 5.5V	0		20	MHz
		2.7V ≤ Vcc < 3.0V	0		10	MHz

Note  
1: Referenced to Vcc = AVcc = 2.7 to 5.5V at Topr = -20 to 85 °C / -40 to 85 °C unless otherwise specified.  
2: The mean output current is the mean value within 100ms.  
3: Set Vcc=AVcc



Table 5.3 A/D Conversion Characteristics

Symbol	Parameter		Measuring condition	Standard			Unit
				Min.	Typ.	Max.	
-	Resolution		Vref = Vcc			10	Bit
-	Absolute accuracy	10 bit mode	sAD=10 MHz, Vref=Vcc=5.0V			±3	LSB
		8 bit mode	sAD=10 MHz, Vref=Vcc=5.0V			±2	LSB
		10 bit mode	sAD=10 MHz, Vref=Vcc=3.3V <sup>3</sup>			±5	LSB
		8 bit mode	sAD=10 MHz, Vref=Vcc=3.3V <sup>3</sup>			±2	LSB
RLADDER	Ladder resistance		VREF=VCC	10		40	kΩ
tcov	Conversion time	10 bit mode	sAD=10 MHz, Vref=Vcc=5.0V	3.3	—		μs
		8 bit mode	sAD=10 MHz, Vref=Vcc=5.0V	2.8			μs
VREF	Reference voltage				Vcc <sup>4</sup>		V
VIA	Analog input voltage			0		Vref	V
-	A/D operation clock frequency <sup>2</sup>	Without sample & hold		0.25		10	MHz
		With sample & hold		1.0		10	MHz

- Note
- 1: Referenced to Vcc=AVcc=2.7 to 5.5V at Topr = -20 to 85 °C / -40 to 85 °C unless otherwise specified.
  - 2: When fAD is 10 MHz more, divide the fAD and make A/D operation clock frequency (φAD) lower than 10 MHz.
  - 3: When the AVcc is less than 4.2V, divide the fAD and make A/D operation clock frequency (φAD) lower than fAD/2.
  - 4: Set Vcc=Vref

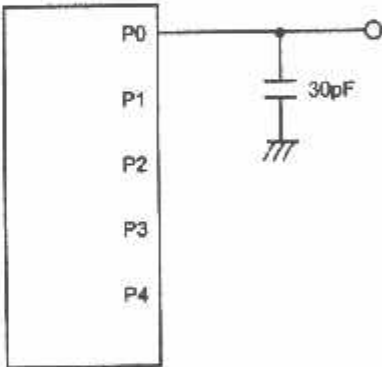


Figure 5.1 Port P0 to P4 measurement circuit

Table 5.4 Flash Memory (Program area) Electrical Characteristics

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max	
—	Program/Erase cycle <sup>2</sup>		1000 <sup>3</sup>	—	—	cycle
—	Byte program time	Vcc = 5.0 V at Topr = 25 °C	—	50	—	µs
—	Block erase time	Vcc = 5.0 V at Topr = 25 °C	—	0.4	—	s
td(SR-ES)	Time delay from Suspend Request until Erase Suspend		—	—	8	ms
—	Erase Suspend Request Interval		10	—	—	ms
—	Program, Erase Voltage		2.7	—	5.5	V
—	Read Voltage		2.7	—	5.5	V
—	Program, Erase Temperature		0	—	60	°C
—	Data-retention duration	Topr = 55 °C	20	—	—	year

Table 5.5 Flash Memory (Data area Block A, Block B) Electrical Characteristics<sup>4</sup>

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max	
—	Program/Erase endurance <sup>2</sup>		10000 <sup>3</sup>	—	—	times
—	Byte program time(program/erase endurance ≤1000 times)	Vcc = 5.0 V at Topr = 25 °C	—	50	400	µs
—	Byte program time(program/erase endurance >1000 times)	Vcc = 5.0 V at Topr = 25 °C	—	65	—	µs
—	Block erase time(program/erase endurance ≤1000 times)	Vcc = 5.0 V at Topr = 25 °C	—	0.2	9	s
—	Block erase time(program/erase endurance >1000 times)	Vcc = 5.0 V at Topr = 25 °C	—	0.3	—	s
td(SR-ES)	Time delay from Suspend Request until Erase Suspend		—	—	8	ms
—	Erase Suspend Request Interval		10	—	—	ms
—	Program, Erase Voltage		2.7	—	5.5	V
—	Read Voltage		2.7	—	5.5	V
—	Program/Erase Temperature		-20(-40) <sup>8</sup>	—	85	°C
—	Data-retention duration	Topr = 55 °C	20	—	—	year

Note

1: Referenced to Vcc=AVcc=2.7 to 5.5V at Topr = 0°C to 60°C unless otherwise specified.

2: Definition of Program/Erase

The cycle of Program/Erase shows a cycle for each block.

If the program/erase number is "n" (n = 1000, 10000), "n" times erase can be performed for each block.

For example, if performing one-byte write to the distinct addresses on Block A of 2K-byte block 2048 times and then erasing that block, the number of Program/Erase cycles is one time.

However, performing multiple writes to the same address before an erase operation is prohibited (overwriting prohibited).

3: Maximum numbers of Program/Erase cycles for which all electrical characteristics is guaranteed.

4: Table 16.5 applies for Block A or B when the Program/Erase cycles are more than 1000. The byte program time up to 1000 cycles are the same as that of the program area (see Table 5.4).

5: To reduce the number of Program/Erase cycles, a block erase should ideally be performed after writing in series as many distinct addresses (only one time each) as possible. If programming a set of 16 bytes, write up to 128 sets and then erase them one time. This will result in ideally reducing the number of Program/Erase cycles. Additionally, averaging the number of Program/Erase cycles for Block A and B will be more effective. It is important to track the total number of block erases and restrict the number.

6: If error occurs during block erase, attempt to execute the clear status register command, then the block erase command at least three times until the erase error disappears.

7: Customers desiring Program/Erase failure rate information should contact their Renesas technical support representative.

8: -40 °C for D version.

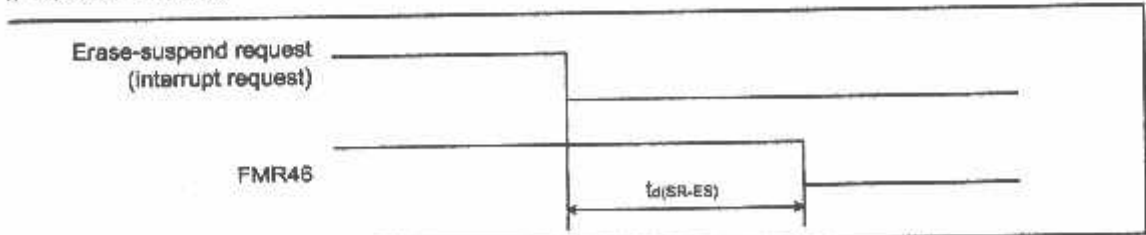


Figure 5.2 Time delay from Suspend Request until Erase Suspend

Table 5.6 Voltage Detection Circuit Electrical Characteristics

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Vdet	Voltage detection level		3.3	3.8	4.3	V
	Voltage detection interrupt request generating time <sup>2</sup>			40		μs
—	Voltage detection circuit self consumption current	VC27=1, VCC=5.0V		800		nA
td(E-A)	Waiting time until voltage detection circuit operation starts <sup>3</sup>				20	μs
Vccmin	Microcomputer operation voltage minimum value		2.7			V

NOTES:

1. The measuring condition is Vcc=AVcc=2.7V to 5.5V and Topr=-40°C to 85°C.
2. This shows the time until the voltage detection interrupt request is generated since the voltage passes Vdet.
3. This shows the required time until the voltage detection circuit operates when setting to "1" again after setting the VC27 bit in the VCR2 register to "0".

Table 5.7 Reset Circuit Electrical Characteristics (When Using Hardware Reset 2<sup>1, 3</sup>)

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Vpor2	Power-on reset valid voltage	-20°C ≤ Topr < 85°C	—	—	Vdel	V
tw(Vpor2-Vdel)	Supply voltage rising time when power-on reset is canceled <sup>2</sup>	-20°C ≤ Topr < 85°C, tw(por2) ≥ 0s <sup>4</sup>	—	—	100	ms

NOTES:

1. The voltage detection circuit which is embedded in a microcomputer is a factor to generate the hardware reset 2. Refer to 5.1.2 Hardware Reset 2.
2. This condition is not applicable when using Vcc ≥ 1.0V.
3. When turning power on after the external power has been held below the valid voltage for greater than 10 seconds, refer to Table 16.8 Reset Circuit Electrical Characteristics (When Not Using Hardware Reset 2).
4. tw(por2) is time to hold the external power below effective voltage (Vpor2).

Table 5.8 Reset Circuit Electrical Characteristics (When Not Using Hardware Reset 2)

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Vpor1	Power-on reset valid voltage	-20°C ≤ Topr < 85°C	—	—	0.1	V
tW(Vpor1-Vdel)	Supply voltage rising time when power-on reset is canceled	0°C ≤ Topr ≤ 85°C, tw(por1) ≥ 10s <sup>2</sup>	—	—	100	ms
tW(Vpor1-Vdet)	Supply voltage rising time when power-on reset is canceled	-20°C ≤ Topr < 0°C, tw(por1) ≥ 30s <sup>2</sup>	—	—	100	ms
tW(Vpor1-Vccmin)	Supply voltage rising time when power-on reset is canceled	-20°C ≤ Topr < 0°C, tw(por1) ≥ 10s <sup>2</sup>	—	—	1	ms
tW(Vpor1-Vdel)	Supply voltage rising time when power-on reset is canceled	0°C ≤ Topr ≤ 85°C, tw(por1) ≥ 1s <sup>2</sup>	—	—	0.5	ms

NOTES:

1. When not using hardware reset 2, use with Vcc ≥ 2.7V.
2. tw(por1) is time to hold the external power below effective voltage (Vpor1).

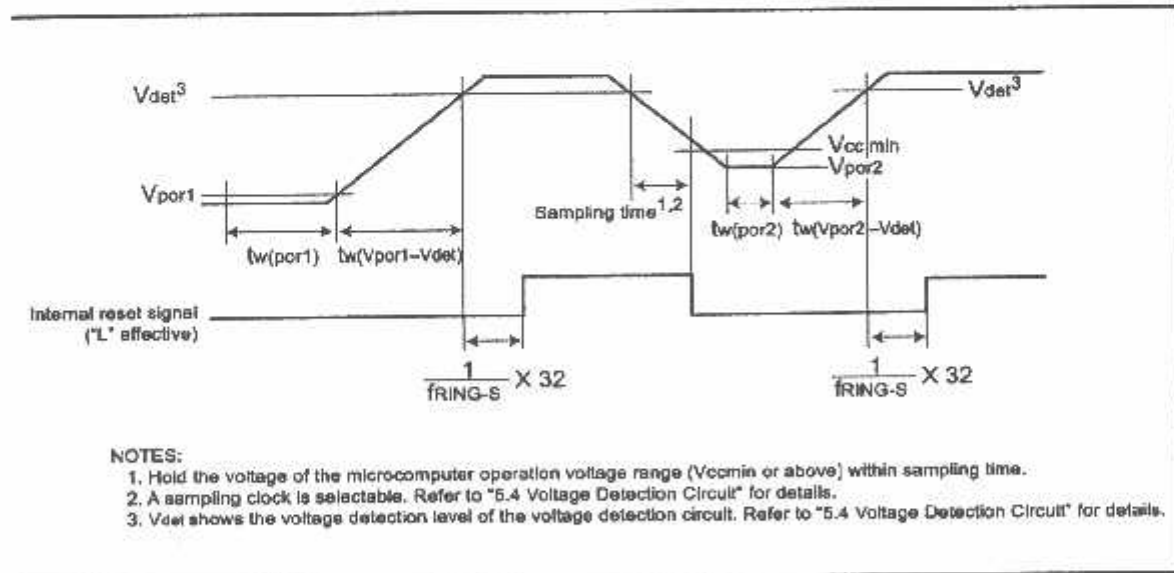


Figure 5.3 Reset Circuit Electrical Characteristics

Table 5.9 High-speed On-Chip Oscillator Circuit Electrical Characteristics

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
—	High-speed on-chip oscillator frequency 1 / {td(HRtoss)+td(HR)} when the reset is released	VCC=5.0V, Topr=25 °C Set "4014" in the HR1 register	—	8	—	MHz
t(HRtoss)	Settable high-speed on-chip oscillator minimum period	VCC=5.0V, Topr=25 °C Set "0014" in the HR1 register	—	61	—	ns
t(HR)	High-speed on-chip oscillator period adjusted unit	Differences when setting "0114" and "0014" in the HR1 register	—	1	—	ns
—	High-speed on-chip oscillator temperature dependence(1)	Frequency fluctuation in temperature range of -10 °C to 85 °C	—	±5	—	%
—	High-speed on-chip oscillator temperature dependence(2)	Frequency fluctuation in temperature range of -40 °C to 85 °C	—	±10	—	%

OTES:  
1. The measuring condition is Vcc=AVcc=5.0 V and Topr=25 °C.

Table 5.10 Power Circuit Timing Characteristics

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
d(P-R)	Time for internal power supply stabilization during power-on <sup>2</sup>		1		2000	μs
d(R-S)	STOP release time <sup>3</sup>				150	μs

ots  
1. The measuring condition is Vcc=AVcc=2.7 to 5.5 V and Topr=25 °C.  
2. This shows the wait time until the internal power supply generating circuit is stabilized during power-on.  
3. This shows the time until BCLK starts from the interrupt acknowledgement to cancel stop mode.

Table 5.11 Electrical Characteristics (1) [Vcc=5V]

Symbol	Parameter		Measuring condition	Standard			Unit
				Min.	Typ.	Max.	
V <sub>OH</sub>	“H” output voltage	Except Xout	I <sub>OH</sub> =-5mA	Vcc-2.0	—	Vcc	V
			I <sub>OH</sub> =-200μA	Vcc-0.3	—	Vcc	V
		Xout	Drive capacity HIGH I <sub>OH</sub> =-1 mA	Vcc-2.0	—	Vcc	V
			Drive capacity LOW I <sub>OH</sub> =-800μA	Vcc-2.0	—	Vcc	V
V <sub>OL</sub>	“L” output voltage	P10 to P17 Except Xout	I <sub>OL</sub> = 5 mA	—	—	2.0	V
			I <sub>OL</sub> = 200 μA	—	—	0.45	V
		P10 to P17	Drive capacity HIGH I <sub>OL</sub> = 15 mA	—	—	2.0	V
			Drive capacity LOW I <sub>OL</sub> = 5 mA	—	—	2.0	V
			Drive capacity LOW I <sub>OL</sub> = 200 μA	—	—	0.45	V
			Drive capacity HIGH I <sub>OL</sub> = 1 mA	—	—	2.0	V
		Xout	Drive capacity HIGH I <sub>OL</sub> = 1 mA	—	—	2.0	V
			Drive capacity LOW I <sub>OL</sub> = 500 μA	—	—	2.0	V
V <sub>IL</sub> , V <sub>IT</sub>	Hysteresis	INT0, INT1, INT2, INT3, K0, K1, K2, K3, CNTR0, CNTR1, TCN, RxD0, RxD1, P45		0.2	—	1.0	V
		RESET		0.2	—	2.2	V
I <sub>IH</sub>	“H” input current		V <sub>I</sub> =5V	—	—	5.0	μA
I <sub>IL</sub>	“L” input current		V <sub>I</sub> =0V	—	—	-6.0	μA
R <sub>PULLUP</sub>	Pull-up resistance		V <sub>I</sub> =0V	30	50	167	kΩ
R <sub>FEED</sub>	Feedback resistance	XIN		—	1.0	—	MΩ
f <sub>HR0-6</sub>	Low-speed on-chip oscillator frequency			40	125	280	kHz
V <sub>RAM</sub>	RAM retention voltage	At stop mode		2.0	—	—	V

otes  
1: Referenced to Vcc=AVcc=4.2 to 5.5V at Topr = -20 to 85 °C / -40 to 85 °C, f(XIN)=20MHz unless otherwise specified.

Table 5.12 Electrical Characteristics (2) [Vcc=5V]

Symbol	Parameter	Measuring condition		Min.	Standard Typ.	Max.	Unit
Icc	Power supply current (Vcc=3.3 to 6.5V) In single-chip mode, the output pins are open and other pins are Vss	High-speed mode	Xen20 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz No division		9	15	mA
			Xen16 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz No division	—	8	14	mA
			Xen10 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz No division		6		mA
		Medium-speed mode	Xen20 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Division by 8		4		mA
			Xen16 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Division by 8		3		mA
			Xen10 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Division by 8		2		mA
		High-speed on-chip oscillator mode	Main clock off High-speed on-chip oscillator on=8 MHz Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz No division		4	8	mA
			Main clock off High-speed on-chip oscillator on=8 MHz Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Division by 8		1.5		mA
		Low-speed on-chip oscillator mode	Main clock off High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Division by 8		470	800	μA
		Wait mode	Main clock off High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz When a WAIT instruction is executed <sup>2</sup> Peripheral clock operation VC27="0"		40	80	μA
		Wait mode	Main clock off High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz When a WAIT instruction is executed <sup>2</sup> Peripheral clock off VC27="0"		38	78	μA
		Stop mode	Main clock off High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator off CM10="1" Peripheral clock off VC27="0"		0.8	3.0	μA

NOTES  
1: The power supply current measuring is executed using the measuring program on flash memory.  
2: Timer Y is operated with timer mode.

ing requirements (Unless otherwise noted: Vcc = 5V, Vss = 0V at Ta = 25 °C) [Vcc=5V]

Table 5.13 Xin Input

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
tc(XIN)	XIN input cycle time	50		ns
tWH(XIN)	XIN input HIGH pulse width	25		ns
tWL(XIN)	XIN input LOW pulse width	25		ns

Table 5.14 CNTR0 Input, CNTR1 Input, INT2 Input

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
tc(CNTR0)	CNTR0 input cycle time	100		ns
tWH(CNTR0)	CNTR0 input HIGH pulse width	40		ns
tWL(CNTR0)	CNTR0 input LOW pulse width	40		ns

Table 5.15 TCIN input, INT3 input

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
tc(TCIN)	TCIN input cycle time	400 <sup>1</sup>		ns
tWH(TCIN)	TCIN input HIGH pulse width	200 <sup>2</sup>		ns
tWL(TCIN)	TCIN input LOW pulse width	200 <sup>2</sup>		ns

NOTES

- 1 : When using the Timer C input capture mode, adjust the cycle time above ( 1/ Timer C count source frequency x 3).
- 2 : When using the Timer C input capture mode, adjust the pulse width above ( 1/ Timer C count source frequency x 1.5).

Table 5.16 Serial Interface

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
tc(CLK)	CLKi input cycle time	200		ns
tW(CLKH)	CLKi input HIGH pulse width	100		ns
tW(CLKL)	CLKi input LOW pulse width	100		ns
td(C-Q)	TxDi output delay time		80	ns
th(C-Q)	TxDi hold time	0		ns
tsu(D-C)	RxDi input setup time	35		ns
th(C-D)	RxDi input hold time	90		ns

Table 5.17 External interrupt INT0 Input

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
tW(INH)	INT0 input HIGH pulse width	250 <sup>1</sup>		ns
tW(INL)	INT0 input LOW pulse width	250 <sup>2</sup>		ns

NOTES

- 1 : When selecting the digital filter by the INT0 input filter select bit, use the INT0 input HIGH pulse width to the greater value, either ( 1/ digital filter clock frequency x 3) or the minimum value of standard.
- 2 : When selecting the digital filter by the INT0 input filter select bit, use the INT0 input LOW pulse width to the greater value, either ( 1/ digital filter clock frequency x 3) or the minimum value of standard.

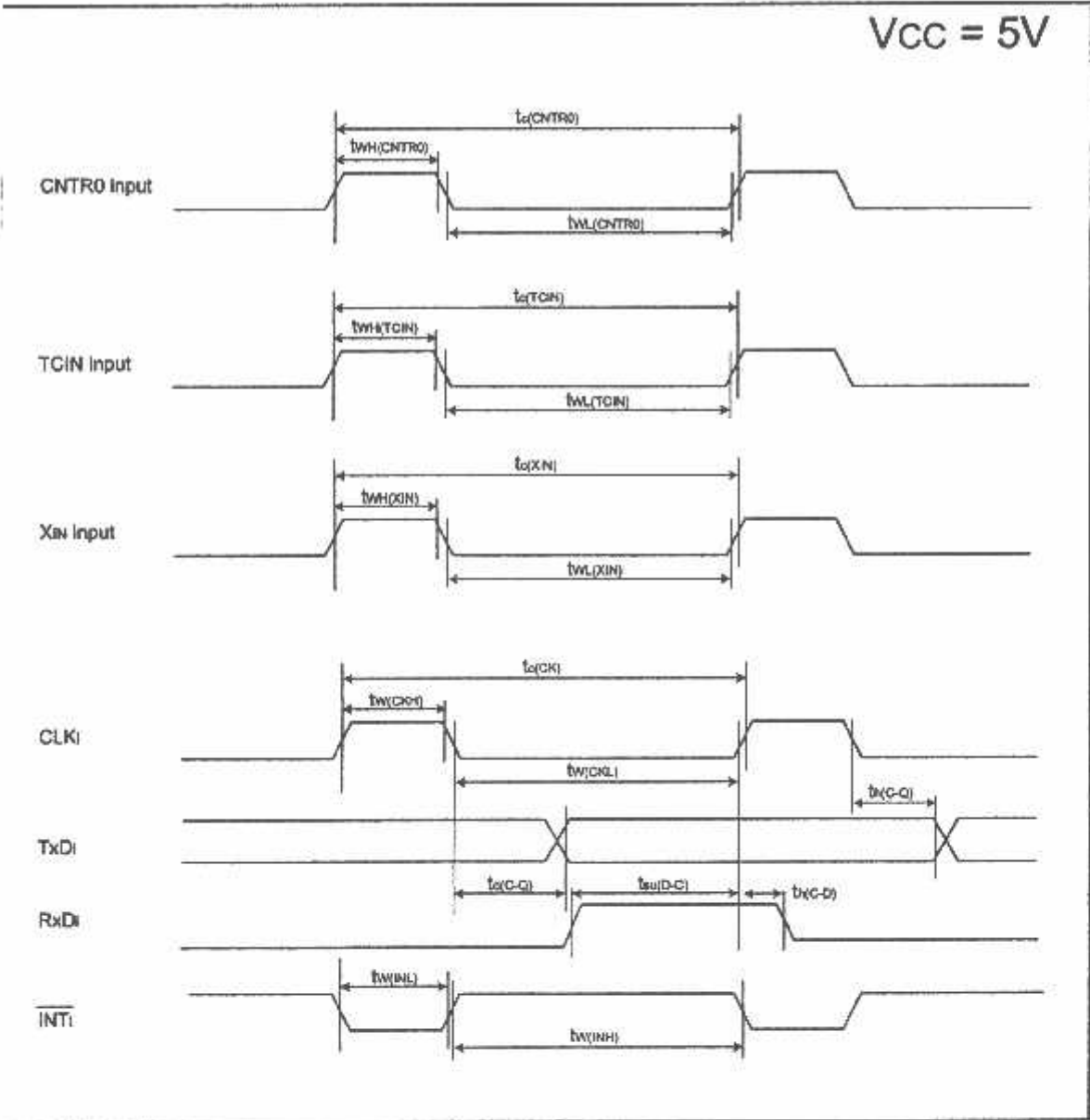


Figure 5.4 Vcc=5V timing diagram



Table 5.18 Electrical Characteristics (3) [Vcc=3V]

Symbol	Parameter		Measuring condition		Standard			Unit
					Min.	Typ.	Max.	
V <sub>OH</sub>	“H” output voltage	Except XOUT	I <sub>OH</sub> =-1mA		Vcc-0.5	—	Vcc	V
		XOUT	Drive capacity HIGH	I <sub>OH</sub> =-0.1 mA	Vcc-0.5	—	Vcc	V
			Drive capacity LOW	I <sub>OH</sub> =-50 μA	Vcc-0.5	—	Vcc	V
V <sub>OL</sub>	“L” output voltage	P10 to P17 Except XOUT	I <sub>OL</sub> = 1 mA		—	—	0.5	V
		P10 to P17	Drive capacity HIGH	I <sub>OL</sub> = 2 mA	—	—	0.5	V
			Drive capacity LOW	I <sub>OL</sub> = 1 mA	—	—	0.5	V
		XOUT	Drive capacity HIGH	I <sub>OL</sub> = 0.1 mA	—	—	0.5	V
			Drive capacity LOW	I <sub>OL</sub> =50 μA	—	—	0.5	V
V <sub>T+</sub> -V <sub>T-</sub>	Hysteresis	INT <sub>0</sub> , INT1, INT2, INT3, K10, K11, K12, K13, CNTR0, CNTR1, TCIN, RxD0, RxD1, P45			0.2	—	0.5	V
		RESET			0.2	—	1.8	V
I <sub>H</sub>	“H” input current		V <sub>I</sub> =3V		—	—	4.0	μA
I <sub>L</sub>	“L” input current		V <sub>I</sub> =0V		—	—	-4.0	μA
R <sub>PULLUP</sub>	Pull-up resistance		V <sub>I</sub> =0V		68	160	500	kΩ
R <sub>FB</sub>	Feedback resistance	XIN			—	3.0	—	MΩ
f <sub>OSC-S</sub>	Low-speed on-chip oscillator frequency				40	125	250	kHz
V <sub>RAM</sub>	RAM retention voltage		AI sleep mode		2.0	—	—	V

Notes  
1: Referenced to Vcc=AVcc=2.7 to 3.3V at Topr = -20 to 85 °C / -40 to 85 °C, f<sub>I(XIN)</sub>=10MHz unless otherwise specified.



Table 5.19 Electrical Characteristics (4) [Vcc=3V]

Symbol	Parameter	Measuring condition		Min.	Standard Typ.	Max.	Unit
Icc	Power supply current (Vcc=2.7 to 3.3V) In single-chip mode, the output pins are open and other pins are Vss	High-speed mode	Xcr=20 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz No division		8	13	mA
			Xcr=16 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz No division		7	12	mA
			Xcr=10 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz No division		6		mA
		Medium-speed mode	Xcr=20 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Division by 8		3		mA
			Xcr=16 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Division by 8		2.5		mA
			Xcr=10 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Division by 8		1.8		mA
		High-speed on-chip oscillator mode	Main clock off High-speed on-chip oscillator on=8 MHz Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz No division	—	3.5	7.5	mA
			Main clock off High-speed on-chip oscillator on=8 MHz Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Division by 8		1.5		mA
		Low-speed on-chip oscillator mode	Main clock off High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Division by 8		420	800	μA
		Wait mode	Main clock off High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz When a WAIT instruction is executed <sup>1)</sup> Peripheral clock operation VC27="0"		37	74	μA

NOTES  
1: The power supply current measuring is executed using the measuring program on flash memory.  
2: Timer Y is operated with timer mode.

ning requirements (Unless otherwise noted: Vcc = 3V, Vss = 0V at Ta = 25 °C) [Vcc=3V]

Table 5.20 Xin input

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
tc(XIN)	XIN input cycle time	100		ns
tWH(XIN)	XIN input HIGH pulse width	40		ns
tWL(XIN)	XIN input LOW pulse width	40		ns

Table 5.21 CNTR0 input, CNTR1 input, INT2 input

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
tc(CNTR0)	CNTR0 input cycle time	300		ns
tWH(CNTR0)	CNTR0 input HIGH pulse width	120		ns
tWL(CNTR0)	CNTR0 input LOW pulse width	120		ns

Table 5.22 TCIN input, INT3 input

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
tc(TCIN)	TCIN input cycle time	1200 <sup>1</sup>		ns
tWH(TCIN)	TCIN input HIGH pulse width	600 <sup>2</sup>		ns
tWL(TCIN)	TCIN input LOW pulse width	600 <sup>2</sup>		ns

NOTES

- 1 :When using the Timer C input capture mode, adjust the cycle time above ( 1/ Timer C count source frequency x 3).
- 2 : When using the Timer C input capture mode, adjust the pulse width above ( 1/ Timer C count source frequency x 1.5).

Table 5.23 Serial Interface

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
tc(CLK)	CLKi input cycle time	300		ns
tW(CLKH)	CLKi input HIGH pulse width	150		ns
tW(CLKL)	CLKi input LOW pulse width	150		ns
td(C-Q)	TxDi output delay time		160	ns
th(C-Q)	TxDi hold time	0		ns
tsu(D-C)	RxDi input setup time	55		ns
th(C-D)	RxDi input hold time	90		ns

Table 5.24 External interrupt INT0 input

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
tW(INH)	INT0 input HIGH pulse width	380 <sup>1</sup>		ns
tW(INL)	INT0 input LOW pulse width	380 <sup>2</sup>		ns

NOTES

- 1 : When selecting the digital filter by the INT0 input filter select bit, use the INT0 input HIGH pulse width to the greater value,either ( 1/ digital filter clock frequency x 3) or the minimum value of standard.
- 2 : When selecting the digital filter by the INT0 input filter select bit, use the INT0 input LOW pusle width to the greater value,either ( 1/ digital filter clock frequency x 3) or the minimum value of standard.

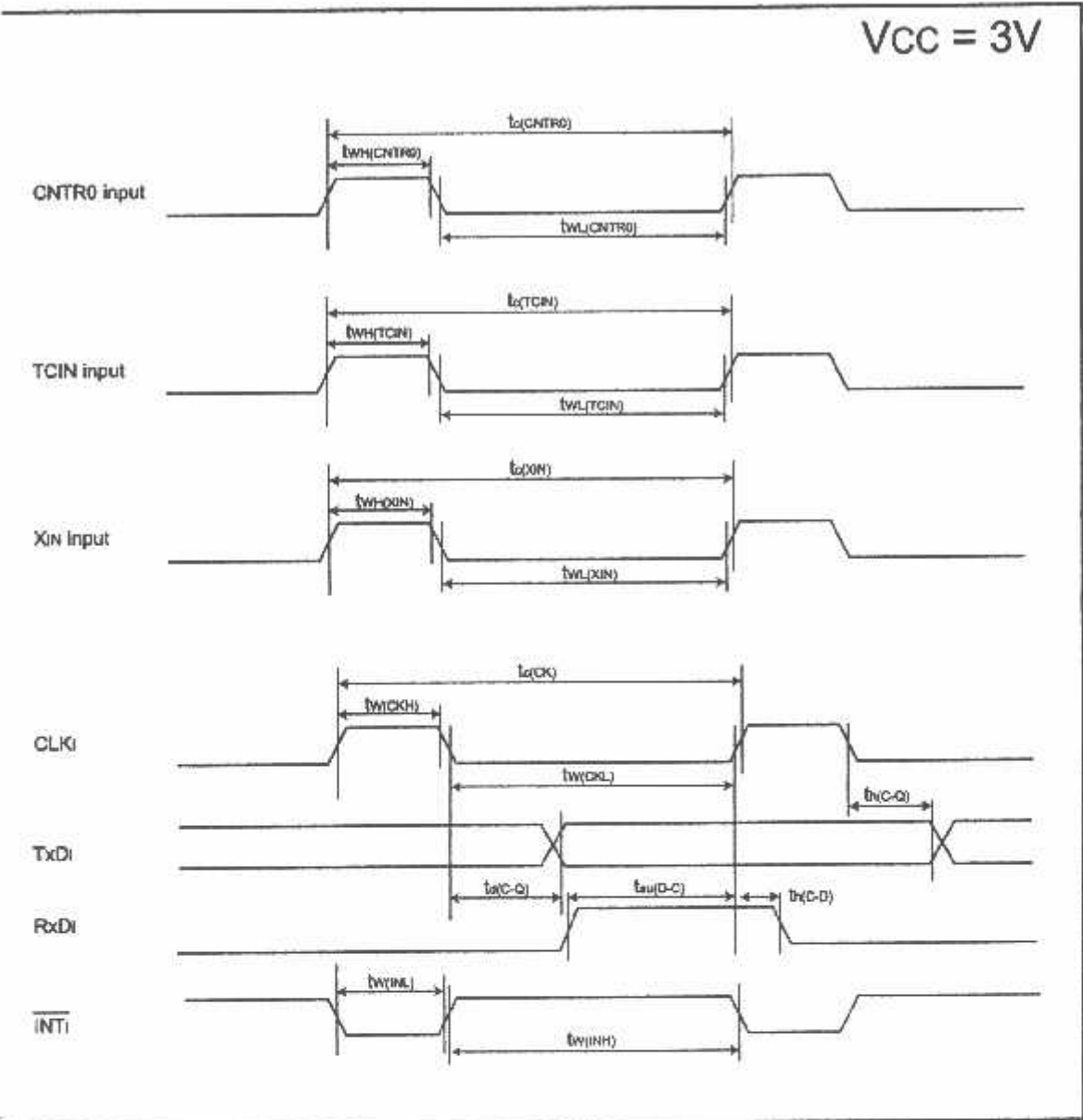


Figure 5.5 Vcc=3V timing diagram



REVISION HISTORY	R8C/13 Group Datasheet
------------------	------------------------

Date	Description	
	Page	Summary
Oct 28, 2003		First edition issued
Dec05, 2003	5	Figure 1.3 revised
	10	Chapter 4, NOTES revised
	16	Table 5.4 revised Table 5.5 revised
	17	Table 5.6 revised Figure 5.3 added
	18	Table 5.8 revised Table 5.10 revised
	21	Figure 5.3 revised to Figure 5.4
	22	Table 5.17 revised
	25	Figure 5.4 revised to Figure 5.5
Sep 30, 2004	All pages	Words standardized (on-chip oscillator, serial interface, A/D)
	2	Table 1.1 revised
	5	Figure 1.3, NOTES 3 added
	6	Table 1.3 revised
	9	Figure 3.1, NOTES added
	10-13	One body sentence in chapter 4 added ; Titles of Table 4.1 to 4.4 added
	12	Table 4.3 revised ; Table 4.4 revised
	14	Table 5.2 revised
	15	Table 5.3 revised
	16	Table 5.4 and Table 5.5 revised
	17	Table 5.6, 5.7 and 5.8 revised ; Figure 5.3 revised
	18	Table 5.9 and 5.11 revised
	19	Table 5.12 revised
	20	Table 5.13 revised
	22	Table 5.18 revised
	23	Table 5.19 revised
	24	Table 5.20 and Table 5.24 revised
Apr.27.2005	4	Table 1.2, Figure 1.2 package name revised
	5	Figure 1.3 package name revised
	10	Table 4.1 revised
	12	Table 4.3 revised
	15	Table 5.3 partly revised
	16	Table 5.4, Table 5.5 partly added



**renesas Technology Corp.** Sales Strategic Planning Div. Nippon Bldg., 2-6-2, Ohte-machi, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0004, Japan

**so safety first in your circuit designs!**  
Renesas Technology Corp. puts the maximum effort into making semiconductor products better and more reliable, but there is always the possibility that trouble may occur with them. Trouble with semiconductors may lead to personal injury, fire or property damage.  
Remember to give due consideration to safety when making your circuit designs, with appropriate measures such as (i) placement of substitutive, auxiliary circuits, (ii) use of nonflammable material or (iii) prevention against any malfunction or mishap.

**as regarding these materials**  
These materials are intended as a reference to assist our customers in the selection of the Renesas Technology Corp. product best suited to the customer's application; they do not convey any license under any intellectual property rights, or any other rights, belonging to Renesas Technology Corp. or a third party. Renesas Technology Corp. assumes no responsibility for any damage, or infringement of any third-party's rights, originating in the use of any product data, diagrams, charts, programs, algorithms, or circuit application examples contained in these materials.  
All information contained in these materials, including product data, diagrams, charts, programs and algorithms represents information on products at the time of publication of these materials, and are subject to change by Renesas Technology Corp. without notice due to product improvements or other reasons. It is therefore recommended that customers contact Renesas Technology Corp. or an authorized Renesas Technology Corp. product distributor for the latest product information before purchasing a product listed herein.  
The information described here may contain technical inaccuracies or typographical errors.  
Renesas Technology Corp. assumes no responsibility for any damage, liability, or other loss rising from these inaccuracies or errors.  
Please also pay attention to information published by Renesas Technology Corp. by various means, including the Renesas Technology Corp. Semiconductor Home page (<http://www.renesas.com>).  
When using any or all of the information contained in these materials, including product data, diagrams, charts, programs, and algorithms, please be sure to evaluate all information as a total system before making a final decision on the applicability of the information and products. Renesas Technology Corp. assumes no responsibility for any damage, liability or other loss resulting from the information contained herein.  
Renesas Technology Corp. semiconductors are not designed or manufactured for use in a device or system that is used under circumstances in which human life is potentially at stake. Please contact Renesas Technology Corp. or an authorized Renesas Technology Corp. product distributor when considering the use of a product contained herein for any specific purposes, such as apparatus or systems for transportation, vehicular, medical, aerospace, nuclear, or underwater repeater use.  
The prior written approval of Renesas Technology Corp. is necessary to reprint or reproduce in whole or in part these materials.  
These products or technologies are subject to the Japanese export control restrictions; they must be exported under a license from the Japanese government and cannot be imported into a country other than the approved destination.  
Any diversion or reexport contrary to the export control laws and regulations of Japan and/or the country of destination is prohibited.  
Please contact Renesas Technology Corp. for further details on these materials or the products contained therein.



## RENESAS SALES OFFICES

<http://www.renesas.com>

Refer to "<http://www.renesas.com/en/network>" for the latest and detailed information.

**renesas Technology America, Inc.**  
150 Holger Way, San Jose, CA 95134-1368, U.S.A  
tel: <1> (408) 382-7500, Fax: <1> (408) 382-7501

**renesas Technology Europe Limited**  
Jukes Meadow, Millboard Road, Bourne End, Buckinghamshire, SL8 5FH, U.K.  
tel: <44> (1628) 565-100, Fax: <44> (1628) 585-900

**renesas Technology Hong Kong Ltd.**  
11th Floor, North Tower, World Finance Centre, Harbour City, 1 Canton Road, Tsimshatsui, Kowloon, Hong Kong  
tel: <852> 2266-8888, Fax: <852> 2730-8071

**renesas Technology Taiwan Co., Ltd.**  
10th Floor, No.98, Fushing North Road, Taipei, Taiwan  
tel: <886> (2) 2715-2888, Fax: <886> (2) 2713-2999

**renesas Technology (Shanghai) Co., Ltd.**  
Jin12607 Rujing Building, No.205 Maoming Road (S), Shanghai 200020, China  
tel: <86> (21) 6472-1001, Fax: <86> (21) 6415-2952

**renesas Technology Singapore Pte. Ltd.**  
Harbour Front Avenue, #06-10, Keppel Bay Tower, Singapore 098632  
tel: <65> 6213-0200, Fax: <65> 6278-8001

# LM124, LM124A, LM224, LM224A LM324, LM324A, LM324Y, LM2902, LM2902Q QUADRUPL OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS068D - SEPTEMBER 1975 - REVISED SEPTEMBER 1996

- **Wide Range of Supply Voltages:**  
Single Supply . . . 3 V to 30 V  
(LM2902 and LM2902Q  
3 V to 26 V), or Dual Supplies
- **Low Supply Current Drain Independent of  
Supply Voltage . . . 0.8 mA Typ**
- **Common-Mode Input Voltage Range**  
Includes Ground Allowing Direct Sensing  
Near Ground
- **Low Input Bias and Offset Parameters:**  
Input Offset Voltage . . . 3 mV Typ  
A Versions . . . 2 mV Typ  
Input Offset Current . . . 2 nA Typ  
Input Bias Current . . . 20 nA Typ  
A Versions . . . 15 nA Typ
- **Differential Input Voltage Range Equal to  
Maximum-Rated Supply Voltage . . . 32 V**  
(26 V for LM2902 and LM2902Q)
- **Open-Loop Differential Voltage  
Amplification . . . 100 V/mV Typ**
- **Internal Frequency Compensation**

## description

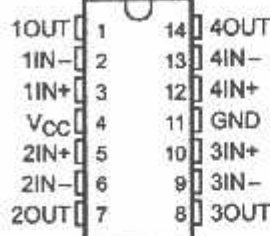
These devices consist of four independent high-gain frequency-compensated operational amplifiers that are designed specifically to operate from a single supply over a wide range of voltages. Operation from split supplies is also possible when the difference between the two supplies is 3 V to 30 V (for the LM2902 and LM2902Q, 3 V to 26 V) and  $V_{CC}$  is at least 1.5 V more positive than the input common-mode voltage. The low supply current drain is independent of the magnitude of the supply voltage.

Applications include transducer amplifiers, dc amplification blocks, and all the conventional operational amplifier circuits that now can be more easily implemented in single-supply-voltage systems. For example, the LM124 can be operated directly from the standard 5-V supply that is used in digital systems and easily provides the required interface electronics without requiring additional  $\pm 15$ -V supplies.

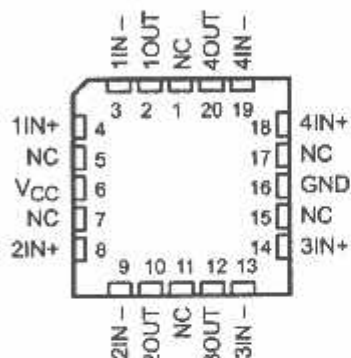
The LM2902Q is manufactured to demanding automotive requirements.

The LM124 and LM124A are characterized for operation over the full military temperature range of  $-55^{\circ}\text{C}$  to  $125^{\circ}\text{C}$ . The LM224 and LM224A are characterized for operation from  $-25^{\circ}\text{C}$  to  $85^{\circ}\text{C}$ . The LM324 and LM324A are characterized for operation from  $0^{\circ}\text{C}$  to  $70^{\circ}\text{C}$ . The LM2902 and LM2902Q are characterized for operation from  $-40^{\circ}\text{C}$  to  $125^{\circ}\text{C}$ .

LM124, LM224A . . . J OR W PACKAGE  
ALL OTHERS . . . D, DB, J, N OR PW PACKAGE  
(TOP VIEW)

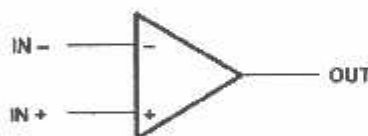


LM124, LM124A . . . FK PACKAGE  
(TOP VIEW)



NC - No internal connection

## symbol (each amplifier)



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date.  
products conform to specifications per the terms of Texas Instruments  
standard warranty. Production processing does not necessarily include  
testing of all parameters.

**TEXAS  
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 1996, Texas Instruments Incorporated



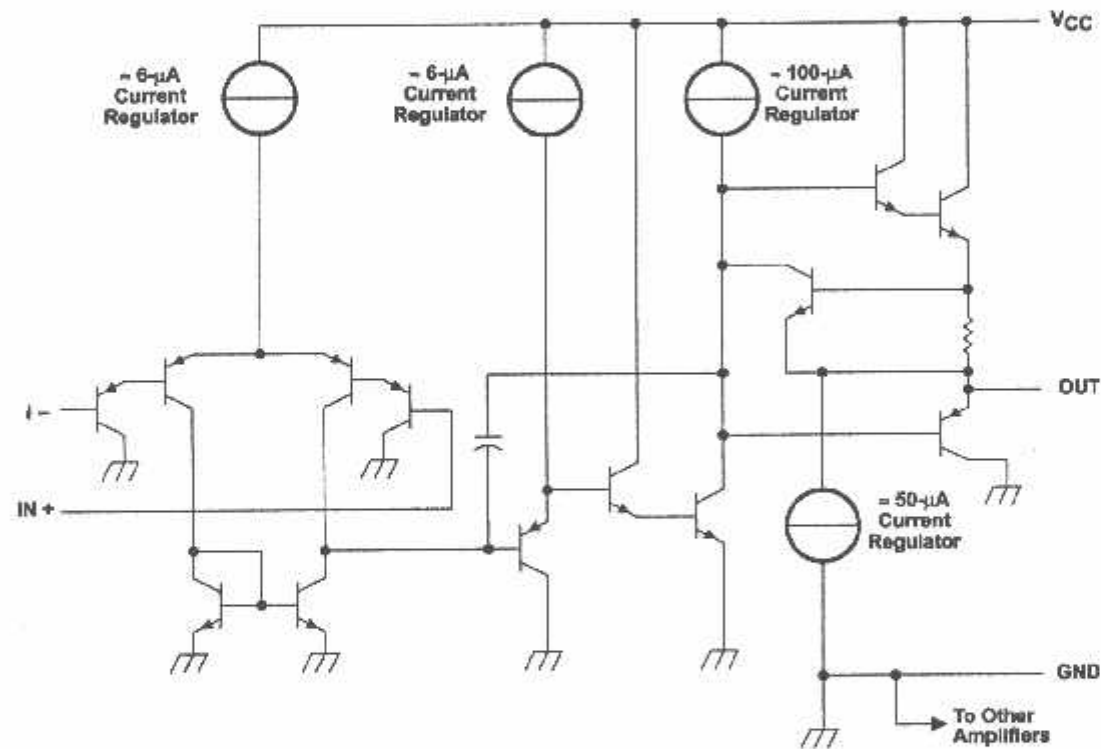
4, LM124A, LM224, LM224A  
4, LM324A, LM324Y, LM2902, LM2902Q  
MULTIPLE OPERATIONAL AMPLIFIERS  
D - SEPTEMBER 1975 - REVISED SEPTEMBER 1996

AVAILABLE OPTIONS

V <sub>IO</sub> max AT 25°C	PACKAGED DEVICES							CHIP FORM (Y)
	SMALL OUTLINE (D)†	VERY SMALL OUTLINE (DB)‡	CHIP CARRIER (FK)	CERAMIC DIP (J)	PLASTIC DIP (N)	TSSOP (PW)‡	FLAT PACK (W)	
7 mV	LM324D	LM324DBLE	—	—	LM324N	LM324PWLE	—	LM324Y
3 mV	LM324AD	—	—	—	LM324AN	LM324APWLE	—	
5 mV	LM224D	—	—	—	LM224N	—	—	—
3 mV	LM224AD	—	—	—	LM224AN	—	—	
7 mV	LM2902D	LM2902DBLE	—	—	LM2902N	LM2902PWLE	—	—
—	LM2902QD	—	—	—	LM2902QN	—	—	
5 mV	—	—	LM124FK	LM124J	—	—	LM124W	—
2 mV	—	—	LM124AFK	LM124AJ	—	—	—	

Package is available taped and reeled. Add the suffix R to the device type (e.g., LM324DR).  
and PW packages are only available left-end taped and reeled.

Static (each amplifier)



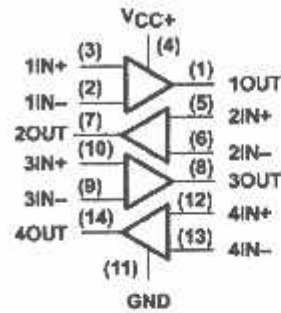
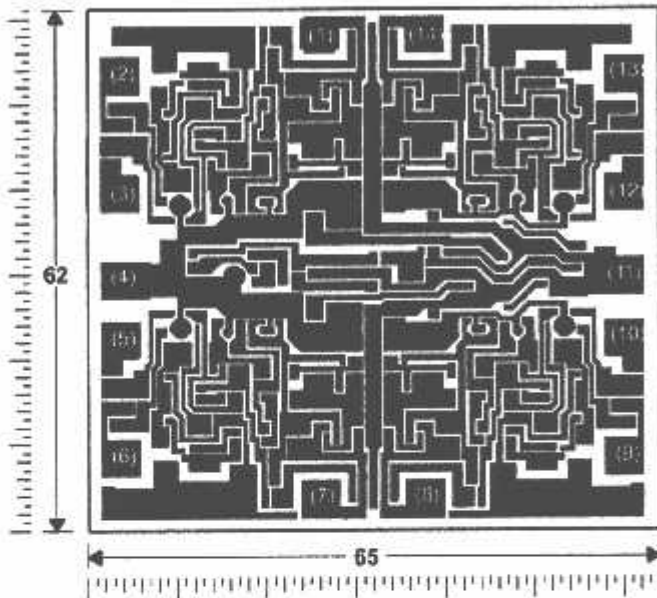
COMPONENT COUNT (total device)	
Epi-FET	1
Transistors	95
Diodes	4
Resistors	11
Capacitors	4

LM124, LM124A, LM224, LM224A  
LM324, LM324A, LM324Y, LM2902, LM2902Q  
**QUADRUPLE OPERATIONAL AMPLIFIERS**  
SLOS068D – SEPTEMBER 1975 – REVISED SEPTEMBER 1986

**M324Y chip information**

This chip, when properly assembled, displays characteristics similar to the LM324. Thermal compression or ultrasonic bonding may be used on the doped-aluminum bonding pads. Chips may be mounted with conductive epoxy or a gold-silicon preform.

**BONDING PAD ASSIGNMENTS**



CHIP THICKNESS: 15 TYPICAL

BONDING PADS: 4 × 4 MINIMUM

$T_{jmax} = 150^{\circ}C$

TOLERANCES ARE  $\pm 10\%$ .

ALL DIMENSIONS ARE IN MILS.

PIN (11) IS INTERNALLY CONNECTED TO BACKSIDE OF CHIP.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75285

4, LM124A, LM224, LM224A  
4, LM324A, LM324Y, LM2902, LM2902Q  
TRIPLE OPERATIONAL AMPLIFIERS  
D – SEPTEMBER 1975 – REVISED SEPTEMBER 1996

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

		LM124, LM124A LM224, LM224A LM324, LM324A	LM2902, LM2902Q	UNIT
supply voltage, $V_{CC}$ (see Note 1)		32	26	V
differential input voltage, $V_{ID}$ (see Note 2)		$\pm 32$	$\pm 26$	V
input voltage, $V_I$ (either input)		-0.3 to 32	-0.3 to 26	V
load of output short circuit (one amplifier) to ground at (or below) $T_A = 25^\circ\text{C}$ , 15 V (see Note 3)		unlimited	unlimited	
continuous total dissipation		See Dissipation Rating Table		
operating free-air temperature range, $T_A$	LM124, LM124A	-55 to 125		$^\circ\text{C}$
	LM224, LM224A	-25 to 85		
	LM324, LM324A	0 to 70		
	LM2902, LM2902Q		-40 to 125	
storage temperature range		-65 to 150	-65 to 150	$^\circ\text{C}$
power dissipation for 60 seconds		FK package	260	$^\circ\text{C}$
power dissipation 1.6 mm (1/16 inch) from case for 60 seconds		J or W package	300	$^\circ\text{C}$
power dissipation 1.6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds		D, DB, N, or PW package	260	$^\circ\text{C}$

Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and normal operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not recommended. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

1. All voltage values (except differential voltages and  $V_{CC}$  specified for the measurement of  $I_{OS}$ ) are with respect to the network GND.
2. Differential voltages are at  $IN+$  with respect to  $IN-$ .
3. Short circuits from outputs to  $V_{CC}$  can cause excessive heating and eventual destruction.

DISSIPATION RATING TABLE

PACKAGE	$T_A \leq 25^\circ\text{C}$ POWER RATING	DERATING FACTOR	DERATE ABOVE $T_A$	$T_A = 70^\circ\text{C}$ POWER RATING	$T_A = 85^\circ\text{C}$ POWER RATING	$T_A = 125^\circ\text{C}$ POWER RATING
1	900 mW	7.6 mW/ $^\circ\text{C}$	32 $^\circ\text{C}$	611 mW	497 mW	N/A
1	775 mW	6.2 mW/ $^\circ\text{C}$	25 $^\circ\text{C}$	496 mW	403 mW	N/A
1	900 mW	11.0 mW/ $^\circ\text{C}$	68 $^\circ\text{C}$	878 mW	713 mW	273 mW
24_)	900 mW	11.0 mW/ $^\circ\text{C}$	68 $^\circ\text{C}$	878 mW	713 mW	273 mW
hers)	900 mW	8.2 mW/ $^\circ\text{C}$	40 $^\circ\text{C}$	654 mW	531 mW	N/A
N	900 mW	9.2 mW/ $^\circ\text{C}$	52 $^\circ\text{C}$	734 mW	596 mW	N/A
PW	700 mW	5.6 mW/ $^\circ\text{C}$	25 $^\circ\text{C}$	448 mW	364 mW	N/A
W	900 mW	8.0 mW/ $^\circ\text{C}$	37 $^\circ\text{C}$	636 mW	516 mW	196 mW

**LM124, LM124A, LM224, LM224A**  
**LM324, LM324A, LM324Y, LM2902, LM2902Q**  
**QUADRUPLE OPERATIONAL AMPLIFIER**  
 SLOS068D – SEPTEMBER 1975 – REVISED SEPTEMBER 1995

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	T <sub>A</sub> ‡	LM124, LM224			LM324			LM2902, LM2902Q			UNIT
			MIN	TYP§	MAX	MIN	TYP§	MAX	MIN	TYP§	MAX	
V <sub>IO</sub>	V <sub>CC</sub> = 5 V to MAX; V <sub>IC</sub> = V <sub>ICRmin</sub> , V <sub>O</sub> = 1.4 V	25°C	3	5	7	3	7	9	3	7	10	mV
I <sub>IO</sub>	V <sub>O</sub> = 1.4 V	Full range	2	30	100	2	50	150	2	50	300	nA
I <sub>IB</sub>	V <sub>O</sub> = 1.4 V	25°C	–20	–150	–500	–20	–250	–500	–20	–250	–500	nA
V <sub>ICR</sub>	V <sub>CC</sub> = 5 V to MAX	Full range	0 to V <sub>CC</sub> – 1.5			0 to V <sub>CC</sub> – 1.5			0 to V <sub>CC</sub> – 1.5			V
V <sub>OH</sub>	R <sub>L</sub> = 2 kΩ	25°C	0 to V <sub>CC</sub> – 1.5			0 to V <sub>CC</sub> – 1.5			0 to V <sub>CC</sub> – 1.5			V
V <sub>OL</sub>	R <sub>L</sub> = 10 kΩ	25°C	26			26			22			V
A <sub>VD</sub>	V <sub>CC</sub> = MAX, R <sub>L</sub> = 2 kΩ	Full range	27	28	29	27	28	29	23	24		
CMRR	V <sub>CC</sub> = MAX, R <sub>L</sub> ≥ 10 kΩ	Full range	50	100	100	25	100	100	15	100		mV
KS <sub>VR</sub>	V <sub>CC</sub> = 15 V, V <sub>O</sub> = 1 V to 11 V, R <sub>L</sub> = 2 kΩ	25°C	25			15			50			V/mV
V <sub>Q1/VQ2</sub>	V <sub>IC</sub> = V <sub>ICRmin</sub>	Full range	70	80	80	65	80	80	50	80		dB
I <sub>O</sub>	f = 1 kHz to 20 kHz	25°C	65	100	100	65	100	100	50	100		dB
I <sub>OS</sub>	V <sub>CC</sub> = 15 V, V <sub>IN</sub> = 1 V, V <sub>O</sub> = 0	25°C	–20	–30	–60	–20	–30	–60	–20	–30	–80	dB
I <sub>OC</sub>	V <sub>CC</sub> = 15 V, V <sub>O</sub> = 15 V	Full range	10	20	20	10	20	20	10	20		nA
I <sub>OS</sub>	V <sub>CC</sub> = 15 V, V <sub>O</sub> = 15 V	Full range	5			5			5			nA
I <sub>OS</sub>	V <sub>CC</sub> = 15 V, V <sub>O</sub> = 200 mV	25°C	12	30	30	12	30	30	30			μA
I <sub>OS</sub>	V <sub>CC</sub> at 5 V, GND at –5 V	25°C	–40	±60	±60	±40	±60	±60	±40	±60		mA
I <sub>OC</sub>	V <sub>O</sub> = 2.5 V, No load	Full range	0.7	1.2	1.2	0.7	1.2	1.2	0.7	1.2		mA
I <sub>OC</sub>	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>O</sub> = 0.5 V <sub>CC</sub>	Full range	1.4	3	3	1.4	3	3	1.4	3		mA

† All characteristics are measured under open-loop conditions with zero common-mode input voltage unless otherwise specified. MAX V<sub>CC</sub> for testing purposes is 26 V for LM2902 and LM2902Q, 30 V for the others.

‡ Full range is –55°C to 125°C for LM124, –25°C to 85°C for LM224, 0°C to 70°C for LM324, and –40°C to 125°C for LM2902 and LM2902Q.

§ All typical values are at T<sub>A</sub> = 25°C.

LM124A, LM224A, LM224A  
LM324A, LM324Y, LM2902, LM2902Q  
QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS  
30 - SEPTEMBER 1975 - REVISED SEPTEMBER 1996

PARAMETER	TEST COND.	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX
V <sub>IO</sub>	V <sub>CC</sub> = 5 V to 30 V, V <sub>IC</sub> = V <sub>ICRmin</sub> , V <sub>O</sub> = 1.4 V	2	3	3	2	2	3
I <sub>IO</sub>	V <sub>O</sub> = 1.4 V	10	2	30	15	2	30
I <sub>IB</sub>	V <sub>O</sub> = 1.4 V	30	-15	-80	-15	-15	-100
V <sub>ICR</sub>	V <sub>CC</sub> = 30 V	0 to V <sub>CC</sub> - 1.5	0 to V <sub>CC</sub> - 2	0 to V <sub>CC</sub> - 1.5	0 to V <sub>CC</sub> - 2	0 to V <sub>CC</sub> - 1.5	0 to V <sub>CC</sub> - 2
V <sub>OH</sub>	R <sub>L</sub> = 2 kΩ V <sub>CC</sub> = 30 V, R <sub>L</sub> = 2 kΩ V <sub>CC</sub> = 30 V, R <sub>L</sub> ≥ 10 kΩ	26	27	28	26	27	28
V <sub>OL</sub>	R <sub>L</sub> ≤ 10 kΩ	25	25	25	25	25	25
A <sub>VO</sub>	V <sub>CC</sub> = 15 V, V <sub>O</sub> = 1 V to 11 V, R <sub>L</sub> = ≥ 2 kΩ	70	80	80	65	80	80
CMRR	V <sub>IC</sub> = V <sub>ICRmin</sub>	65	100	100	65	100	100
ksvR		120	120	120	120	120	120
V <sub>O1</sub> /V <sub>O2</sub>	f = 1 kHz to 20 kHz V <sub>CC</sub> = 15 V, V <sub>ID</sub> = 1 V, V <sub>O</sub> = 0	-20	-30	-60	-20	-30	-60
I <sub>O</sub>	V <sub>CC</sub> = 15 V, V <sub>ID</sub> = -1 V, V <sub>O</sub> = 15 V	10	20	20	10	20	20
I <sub>DS</sub>	V <sub>ID</sub> = -1 V, V <sub>O</sub> = 200 mV V <sub>CC</sub> at 5 V, GND at -5 V, V <sub>O</sub> = 0	5	5	5	5	5	5
I <sub>CC</sub>	V <sub>O</sub> = 2.5 V, No load V <sub>CC</sub> = 30 V, V <sub>O</sub> = 15 V, No load	12	12	12	12	12	12
		±40	±60	±60	±40	±60	±60
		0.7	1.2	1.2	0.7	1.2	1.2
		1.4	3	3	1.4	3	3

† All characteristics are measured under open-loop conditions with zero common-mode input voltage unless otherwise specified.

‡ Full range is -55°C to 125°C for LM124A, -25°C to 85°C for LM224A, and 0°C to 70°C for LM324A.

\$ All typical values are at T<sub>A</sub> = 25°C.

LM124, LM124A, LM224, LM224A  
LM324, LM324A, LM324Y, LM2902, LM2902Q  
QUADRUPLE OPERATIONAL AMPLIFIERS  
SLOS068D – SEPTEMBER 1975 – REVISED SEPTEMBER 1996

Electrical characteristics,  $V_{CC} = 5\text{ V}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$  (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	LM324Y			UNIT
		MIN	TYP	MAX	
$V_{IO}$ Input offset voltage	$V_{CC} = 5\text{ V to MAX, } V_{IC} = V_{ICRmin}, V_O = 1.4\text{ V}$		3	7	mV
$I_O$ Input offset current			2	50	nA
$I_B$ Input bias current			–20	–250	nA
$V_{ICR}$ Common-mode input voltage range	$V_{CC} = 5\text{ V to MAX}$		0 to $V_{CC}-1.5$		V
$V_{OH}$ High-level output voltage	$R_L = 10\text{ k}\Omega$		$V_{CC}-1.5$		V
$V_{OL}$ Low-level output voltage	$R_L \leq 10\text{ k}\Omega$		5	20	mV
$V_D$ Large-signal differential voltage amplification	$V_{CC} = 15\text{ V, } V_O = 1\text{ V to } 11\text{ V, } R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	15	100		V/mV
$MRR$ Common-mode rejection ratio	$V_{IC} = V_{ICRmin}$	65	80		dB
$SVR$ Supply-voltage rejection ratio ( $\Delta V_{CC}/\Delta V_{IO}$ )		65	100		dB
Output current	$V_{CC} = 15\text{ V, } V_{ID} = 1\text{ V, } V_O = 0$	–20	–30	–60	mA
	$V_{CC} = 15\text{ V, } V_{ID} = -1\text{ V, } V_O = 15\text{ V}$	10	20		
	$V_{ID} = 1\text{ V, } V_O = 200\text{ mV}$	12	30		
$I_S$ Short-circuit output current	$V_{CC}$ at 5 V, GND at –5 V, $V_O = 0$		±40	±60	mA
$I_C$ Supply current (four amplifiers)	$V_O = 2.5 V_{CC},$ No load		0.7	1.2	mA
	$V_{CC} = \text{MAX, } V_O = 0.5 V_{CC},$ No load		1.1	3	

† Characteristics are measured under open-loop conditions with zero common-mode input voltage unless otherwise specified. MAX  $V_{CC}$  for testing purposes is 30 V.

### IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments and its subsidiaries (TI) reserve the right to make changes to their products or to discontinue any product or service without notice, and advise customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that information being relied on is current and complete. All products are sold subject to the terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgement, including those pertaining to warranty, patent infringement, and limitation of liability.

TI warrants performance of its semiconductor products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

CERTAIN APPLICATIONS USING SEMICONDUCTOR PRODUCTS MAY INVOLVE POTENTIAL RISKS OF DEATH, PERSONAL INJURY, OR SEVERE PROPERTY OR ENVIRONMENTAL DAMAGE ("CRITICAL APPLICATIONS"). TI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS. INCLUSION OF TI PRODUCTS IN SUCH APPLICATIONS IS UNDERSTOOD TO BE FULLY AT THE CUSTOMER'S RISK.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards must be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

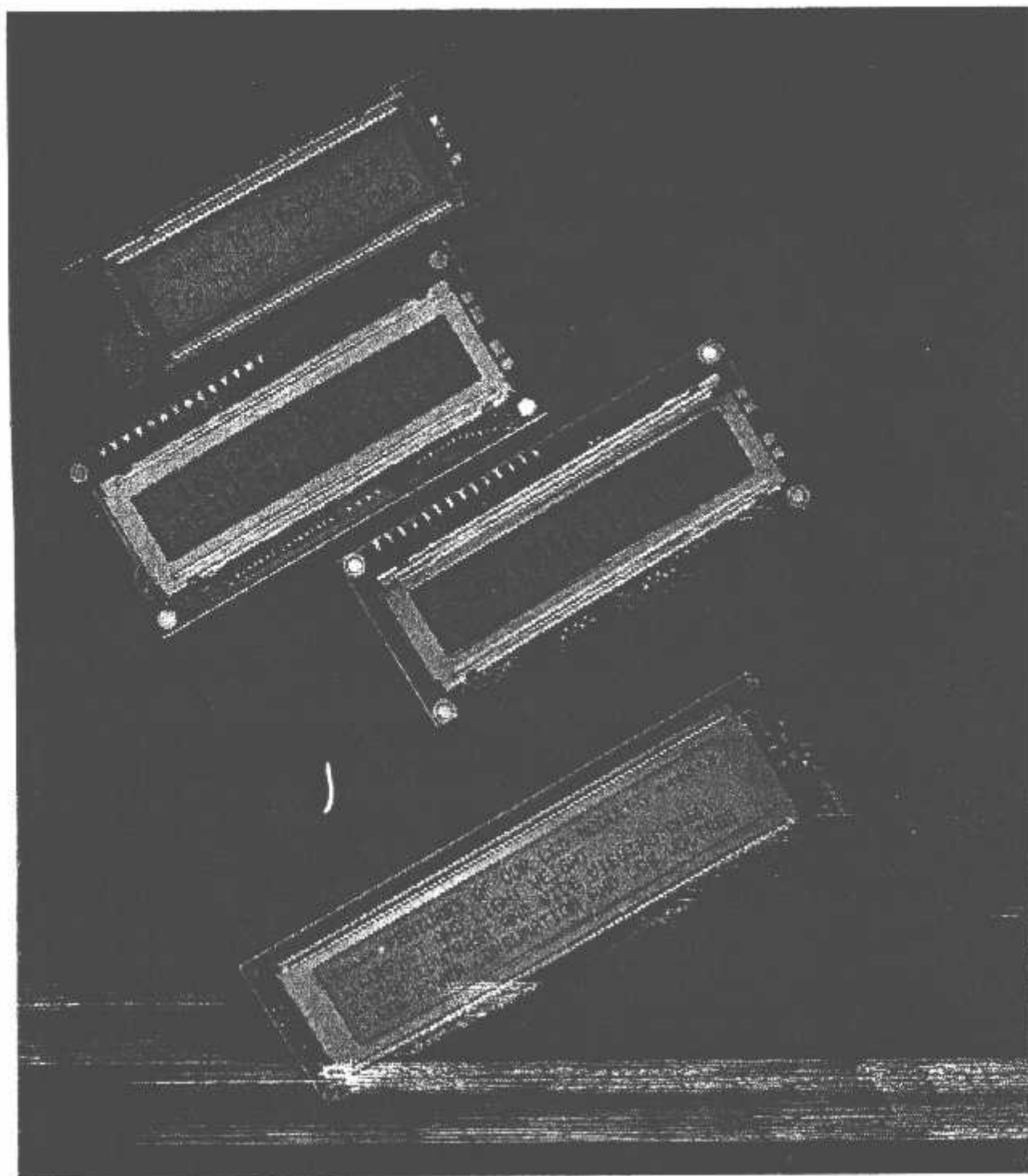
TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used. TI's publication of information regarding any third party's products or services does not constitute TI's approval, warranty or endorsement thereof.



# LCM

Liquid Crystal Display Modules

Seiko Instruments GmbH





# Dot Matrix Liquid Crystal Display Modules

## CHARACTER TYPE

### FEATURES :

- Slim, light weight and low power consumption
- High contrast and wide viewing angle
- Built-in controller for easy interfacing
- LCD modules with built-in EL or LED backlight



M1641



L1642



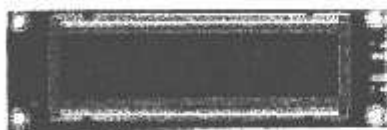
L1614



M1632



L1652



L2012

### SPECIFICATIONS :

		Standard products			Products of optional specification		
Format (character x line)		16 x 1	16 x 2	16 x 2	16 x 2	16 x 4	20 x 2
		M1641	M1632	L1642	L1652	L1614	L2012
		M16410AS	M16320AS	L164200J000S	L165200J200S	L161400J000S	L201200J000S
		M164190WS	M163290WS	L164221J000S	L165221J200S	L161421J000S	L201221J000S
		M16417JYS	M16327JYS	L164281J000S	L165281J200S	L161481J000S	L201281J000S
Module lamp		M16410CS	M16320CS	L164200L000S	L165200L200S	L161400L000S	L201200L000S
Module lamp		M16417JYS	M16327JYS	L164281L000S	L165281L200S	L161481L000S	L201281L000S
Display		5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor
Reflective		80.0 x 36.0 x 11.3	85.0 x 30.0 x 10.1	80.0 x 36.0 x 11.3	122.0 x 44.0 x 11.3	87.0 x 60.0 x 11.6	116.0 x 37.0 x 11.3
EL backlight		80.0 x 36.0 x 11.3	85.0 x 30.0 x 10.1	80.0 x 36.0 x 11.3	122.0 x 44.0 x 11.3	87.0 x 60.0 x 11.6	116.0 x 37.0 x 11.3
LED backlight		80.0 x 36.0 x 15.8	80.0 x 30.0 x 15.8	80.0 x 36.0 x 15.8	122.0 x 44.0 x 15.8	87.0 x 60.0 x 15.8	116.0 x 37.0 x 15.8
Module size (mm)		64.5 x 13.8	62.0 x 16.0	64.5 x 13.8	99.0 x 24.0	61.8 x 25.2	83.0 x 18.6
Module size (mm)		3.07 x 5.73	2.78 x 4.27	2.95 x 3.80	4.84 x 8.06	2.95 x 4.15	3.20 x 4.95
Module size (mm)		0.55 x 0.75	0.50 x 0.55	0.50 x 0.55	0.92 x 1.10	0.55 x 0.55	0.60 x 0.85
Module size (mm)		+ 5 V	+ 5 V	+ 5 V	+ 5 V	+ 5 V	+ 5 V
Module size (mm)		1.5	2.0	1.6	2.0	2.7	2.0
Module size (mm)		0.2	0.2	0.3	0.4	1.1	0.4
Module size (mm)		1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
Module size (mm)		KS0066	KS0066	KS0066	KS0066	KS0066	KS0066
Module size (mm)		or equivalent	MSM5839	MSM5839	MSM5839	MSM5839	MSM5839
Module size (mm)		0 to + 50	0 to + 50	0 to + 50	0 to + 50	0 to + 50	0 to + 50
Module size (mm)		- 20 to + 70	- 20 to + 70	- 20 to + 70	- 20 to + 70	- 20 to + 70	- 20 to + 70
Module size (mm)		- 20 to + 60	- 20 to + 60	- 20 to + 60	- 20 to + 60	- 20 to + 60	- 20 to + 60
Module size (mm)		- 30 to + 80	- 30 to + 80	- 30 to + 80	- 30 to + 80	- 30 to + 80	- 30 to + 80
Module size (mm)		25	25	25	50	50	40
Module size (mm)		30	30	30	55	55	45
Module size (mm)		35	40	35	65	65	60
Module size (mm)		5S	5S	5S	5C	5A	5A
Module size (mm)		+ 5.0	+ 5.0	+ 5.0	+ 5.0	+ 5.0	+ 5.0
Module size (mm)		10	10	10	35	45	45
Module size (mm)		100	112	100	240	200	154
Module size (mm)		+ 4.1	+ 4.1	+ 4.1	+ 4.1	+ 4.1	+ 4.1

1 cursor H : Horizontal V : Vertical T : Thickness (max)

rel temperature compensation

EL backlight

normal temperature range

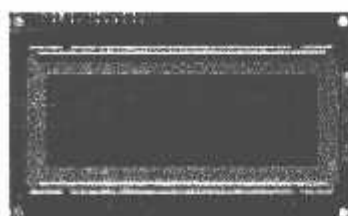
cy is one of continuous improvements we reserve the right to change the specifications for the products in the catalogue without notice



L2022



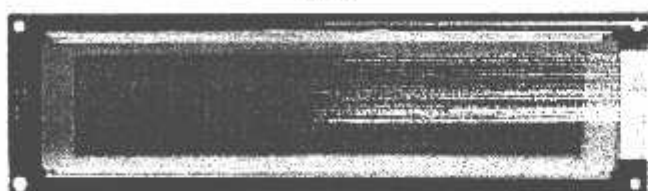
L2432



L2014



L4042



M4024

## SPECIFICATIONS :

 : Standard products

 : Products of optional specification

Character Format (character x line)		20 x 2	20 x 4	24 x 2	40 x 2	40 x 4
Model		L2022	L2014	L2432	L4042	M4024
Active		-	L201400J000S	L243200J000S	L404200J000S	M40240AS
Backlight		-	L201421J000S	L243221J000S	L404221J000S	M40249TWS
Backlight		-	L2014B1J000S	L2432B1J000S	L4042B1J000S	M4024DYJS
Active (wide temp)		L202200P000S	L201400L000S	L243200L000S	L404200L000S	M40240CS
Backlight (wide temp)		L2022B1P000S	L2014B1L000S	L2432B1L000S	L4042B1L000S	M4024JJS
Character font		5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor
Module	Reflective	180,0 x 40,0 x 10,5	98,0 x 60,0 x 11,6	118,0 x 36,0 x 11,3	182,0 x 33,5 x 11,3	190,0 x 54,0 x 10,1
	EL backlight	180,0 x 40,0 x 10,5	98,0 x 60,0 x 11,6	118,0 x 36,0 x 11,3	182,0 x 33,5 x 11,3	190,0 x 54,0 x 10,1
	LED backlight	180,0 x 40,0 x 14,8	98,0 x 60,0 x 15,8	118,0 x 36,0 x 15,8	182,0 x 33,5 x 15,3	190,0 x 54,0 x 16,3
Module area (HxV) mm		149,0 x 23,0	76,0 x 25,2	94,5 x 17,8	154,4 x 15,8	147,0 x 29,5
Character size (HxV) mm *1		6,00 x 9,65	2,95 x 4,15	3,20 x 4,85	3,20 x 4,85	2,78 x 4,27
Pitch (HxV) mm		1,12 x 1,12	0,55 x 0,55	0,60 x 0,65	0,60 x 0,65	0,50 x 0,55
Supply voltage (VDD-VSS) V		+5 V	+5 V	+5 V	+5 V	+5 V
Current consumption	IDD	4,2	2,9	2,5	3,0	8,0
	ILC *4	2,6	1,2	0,5	1,0	3,0
Duty method (duty)		1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
IC LS	KS0066	KS0066	KS0066	KS0066	KS0066	KS0066
	KS0063	MSM5839	KS0063	KS0063	MSM5839	MSM5839
Operating temperature (°C)		or equivalent	or equivalent	or equivalent	or equivalent	or equivalent
Storage temperature (°C)	normal temp.	-	0 to +50	0 to +50	0 to +50	0 to +50
	wide temp. *2	-20 to +70	-20 to +70	-20 to +70	-20 to +70	-20 to +70
Operating temperature (°C)	normal temp.	-	-20 to +60	-20 to +60	-20 to +60	-20 to +60
	wide temp.	-30 to +80	-30 to +80	-30 to +80	-30 to +80	-30 to +80
Brightness	Reflective	80	55	40	70	90
	EL backlight	-	60	45	75	105
	LED backlight	110	70	60	95	140
Power supply	Model	-	5A	5A	5C	5D
	Power supply (V)	+5,0	+5,0	+5,0	+5,0	+5,0
Current consumption (mA) *3		-	45	45	25	80
Forward current	consumption (mA)	320	240	150	260	480
	Forward input voltage (V typ.)	+4,1	+4,1	+4,1	+4,1	+4,1

\*1: Including cursor

\*2: With external temperature compensation

\*3: Including EL backlight

\*4: Based on normal temperature range

H : Horizontal

V : Vertical

T : Thickness (max)

# ot Matrix Liquid Crystal Display Modules

## APHIC TYPE

### FEATURES :

- Wide viewing angle and high contrast
- Slim, light weight and low power consumption
- Full dot configuration fits any application
- Available in STN and FSTN

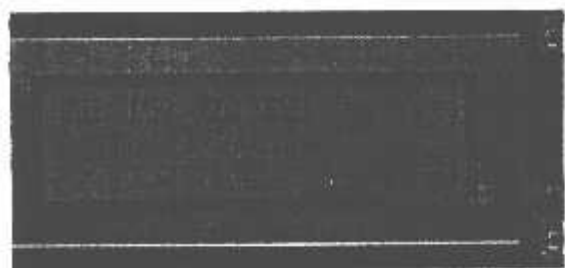
### SPECIFICATIONS :

		97 x 32	128 x 32	128 x 64	128 x 160
		Y97031	G1213	G1216	G1226
Backlight	built-in RAM	-	-	-	-
Reflective wide temp	built-in RAM	-	G121300N000S	G121600N000S	-
LED backlight	built-in RAM	-	-	-	-
LED backlight wide temp	built-in RAM	-	-	-	-
Temperature	-	-	-	-	-
Min. On voltage	built-in controller	-	-	-	-
Transistor	built-in RAM	-	-	-	-
Reflective (no backlight)	-	47,5 x 65,4 x 2,1	75,0 x 41,5 x 6,8	75,0 x 52,7 x 6,8	-
LED backlight	-	-	75,0 x 41,5 x 8,9	75,0 x 52,7 x 8,9	93,0 x 70,0 x 11,4
LED backlight	-	-	-	-	-
LED backlight	-	43,5 x 23,9	60,0 x 21,3	60,0 x 32,5	70,7 x 38,8
LED backlight	-	0,35 x 0,48	0,40 x 0,48	0,40 x 0,40	0,44 x 0,44
LED backlight	-	0,39 x 0,52	0,43 x 0,51	0,43 x 0,43	0,48 x 0,48
LED backlight	(VDD - VSS)	+ 5,0	+ 5,0	+ 5,0	+ 5,0
LED backlight	(VLD - VSS)	-	- 8,0	- 8,1	- 8,2
LED backlight	IDD	0,10	2,0	2,0	3,0
LED backlight	IDD (built-in controller)	-	-	-	-
LED backlight	I/O	-	1,8	1,8	2,0
LED backlight	Driving method (dots)	1/33	1/64	1/64	1/64
LED backlight	Driver	SED1530	HD61202	HD61202	KS0107
LED backlight	or equivalent	or equivalent	or equivalent	or equivalent	or equivalent
LED backlight	Controller	-	-	-	-
LED backlight	Temperature range (°C)	- 20 to + 70	- 20 to + 70	- 20 to + 70	0 to + 50
LED backlight	Temperature range (°C)	- 30 to + 80	- 30 to + 80	- 30 to + 80	- 20 to + 60
LED backlight	Reflective (transflective no backlight)	10	23	35	-
LED backlight	LED backlight	-	35	45	72
LED backlight	LED backlight	-	-	-	-
LED backlight	Current (average) (mA)	-	40	90	125
LED backlight	Forward input voltage (V <sub>DD</sub> )	-	3,8	4,1	4,1
LED backlight	Mode	-	-	-	-
LED backlight	Power supply voltage (V)	-	-	-	-
LED backlight	Current consumption (mA - typ)	-	-	-	-

IC/DC converter (single power source)  
external temperature compensation circuit

Key is one of continuous improvements we reserve the right to change the specifications of the products in the catalogue without notice.

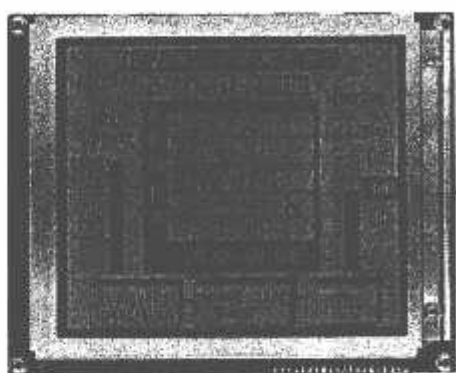




G2448



G1226



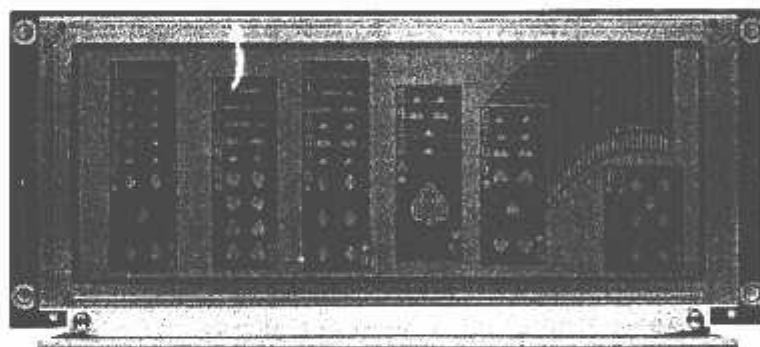
G321D



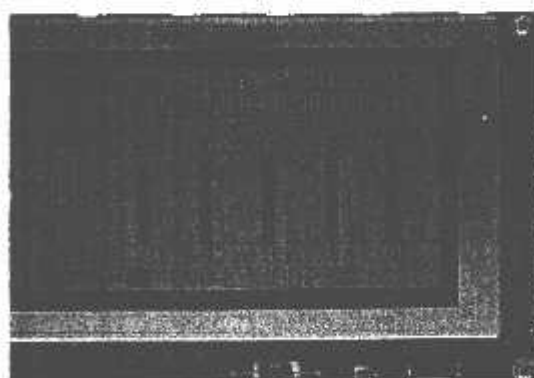
G1216



G1213



G649D



G242C



G324E

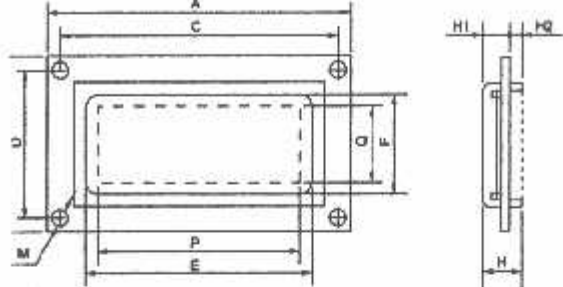


CHECK LIST FOR CUSTOM DESIGNED LCD MODULE

Company \_\_\_\_\_ 2. Application \_\_\_\_\_ 3. Customer Specified Part No. \_\_\_\_\_

Design \_\_\_\_\_  
New ☐ Modified : Manufacturer \_\_\_\_\_, Part No. \_\_\_\_\_, Remarks \_\_\_\_\_  
Equivalent: Manufacturer \_\_\_\_\_, Part No. \_\_\_\_\_, Remarks \_\_\_\_\_

M Dimensions



Display Contents

Character type: \_\_\_\_\_ characters \_\_\_\_\_ lines  
Character font \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ dots + cursor  
Character pitch \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ mm  
Dot pitch \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ mm  
Dot size \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ mm  
Graphics (Full dot) type: \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ dots  
Dot pitch \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ mm  
Dot size \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ mm  
Segment type: \_\_\_\_\_ digits \_\_\_\_\_ lines  
Others \_\_\_\_\_

Panel

Viewing angle: ☐ 6 o'clock ☐ 12 o'clock ☐ \_\_\_\_\_ o'clock  
: ☐ TN ☐ FSTN (Black and white)  
STN (☐ Yellow green ☐ Gray ☐ Blue)  
Chromaticity coordinates  
( \_\_\_\_\_ ≤ x ≤ \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ ≤ y ≤ \_\_\_\_\_ )  
Positive type ☐ Negative type  
Reflective ☐ Transflective ☐ Transmissive  
Others \_\_\_\_\_  
Scale: ☐ Yes \_\_\_\_\_ gray scale ☐ No  
Performance specifications:  
Response time  $t_{on}$  \_\_\_\_\_ ms ( \_\_\_\_\_ °C)  $t_{off}$  \_\_\_\_\_ ms ( \_\_\_\_\_ °C)  
Viewing angle \_\_\_\_\_ deg. ( \_\_\_\_\_ °C) ☐ Contrast \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ °C)  
Others \_\_\_\_\_

Surface finishing:

Normal ☐ Anti-glare ☐  
Base color: ☐ Normal (neutral gray) ☐ Red  
☐ Green ☐ Blue ☐ \_\_\_\_\_

Driving Method

Driving: 1/ \_\_\_\_\_ duty, 1/ \_\_\_\_\_ bias  
Frequency: \_\_\_\_\_ Hz

Driver: ☐ Specified ☐ Unspecified  
Segment driver \_\_\_\_\_ (Manufacturer \_\_\_\_\_)  
Common driver \_\_\_\_\_ (Manufacturer \_\_\_\_\_)  
Polar: ☐ Internal ☐ External  
IC No. \_\_\_\_\_ (Manufacturer \_\_\_\_\_)  
☐ Internal ☐ External  
IC No. \_\_\_\_\_ (Manufacturer \_\_\_\_\_)  
☐ Internal ☐ External  
IC No. /Memory size \_\_\_\_\_ (Kbit) (Manufacturer \_\_\_\_\_)

Power Supply

Single power supply: ☐ 5V ☐ \_\_\_\_\_ V  
Power supplies  
For logic: ( $V_{DD}-V_{SS}$ ): ☐ 5V ☐ \_\_\_\_\_ V  
For LC drive: ( $V_{LC}-V_{SS}$ ): ☐ \_\_\_\_\_ V

A x B : Module size \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ mm  
E x F : Viewing area \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ mm  
P x Q : Active display area \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ mm  
C : Length between mounting holes \_\_\_\_\_ mm  
D : Length between mounting holes \_\_\_\_\_ mm  
M : Diameter of mounting hole \_\_\_\_\_ mm  
H : Total thickness \_\_\_\_\_ mm  
H1 : Upper thickness \_\_\_\_\_ mm  
H2 : Lower thickness \_\_\_\_\_ mm

11. Temperature Compensation Circuit

☐ Internal ☐ External ☐ Unnecessary  
Compensation range: ☐ 0°C to 50°C ☐ \_\_\_\_\_ °C to \_\_\_\_\_ °C

12. Current Consumption

For logic: typ. \_\_\_\_\_ mA, max. \_\_\_\_\_ mA  
For LC drive: typ. \_\_\_\_\_ mA, max. \_\_\_\_\_ mA  
Others ( \_\_\_\_\_ ) : typ. \_\_\_\_\_ mA, max. \_\_\_\_\_ mA

13. Contrast Adjustment

☐ Internal ☐ External ☐ Unnecessary  
Method: ☐ Temp. compensation circuit ☐ Volume ☐ \_\_\_\_\_

14. Temperature Range

Operating temperature range: ☐ 0°C to 50°C ☐ \_\_\_\_\_ °C to \_\_\_\_\_ °C  
Storage temperature range: ☐ - 20°C to 60°C ☐ \_\_\_\_\_ °C to \_\_\_\_\_ °C

15. Input/Output Terminals

Specifying allocation: ☐ Yes ☐ No  
Specifying position: ☐ Yes ☐ No

16. Weight

typ. \_\_\_\_\_ g. max. \_\_\_\_\_ g

17. Connector

☐ Internal ☐ External ☐ Unnecessary  
Type No. \_\_\_\_\_ (Manufacturer \_\_\_\_\_)

18. Backlight

☐ Internal ☐ External ☐ Unnecessary  
☐ EL: ☐ Green ☐ White ☐ \_\_\_\_\_  
☐ LED: ☐ Yellow green ☐ Amber ☐ \_\_\_\_\_  
☐ CFL: ☐ White ☐ \_\_\_\_\_  
☐ Incandescent lamp ☐ Others \_\_\_\_\_  
☐ Backlight type ☐ Edge backlight type  
Brightness: \_\_\_\_\_ cd/m<sup>2</sup>  
Inverter: ☐ Internal ☐ External ☐ Unnecessary  
Power supply voltage \_\_\_\_\_ V  
Current consumption (backlight included) \_\_\_\_\_ mA  
Brightness control: ☐ Yes ☐ No

19. Others

20. Schedule

Estimate: \_\_\_\_\_  
Sample: Delivery \_\_\_\_\_, Quantity: \_\_\_\_\_ pcs  
Mass production: Target price: \_\_\_\_\_  
Delivery \_\_\_\_\_, Total quantity: \_\_\_\_\_ pcs  
Quantity per month \_\_\_\_\_ pcs

Liquid Crystal Displays

CHECK LIST FOR CUSTOM DESIGNED LCD

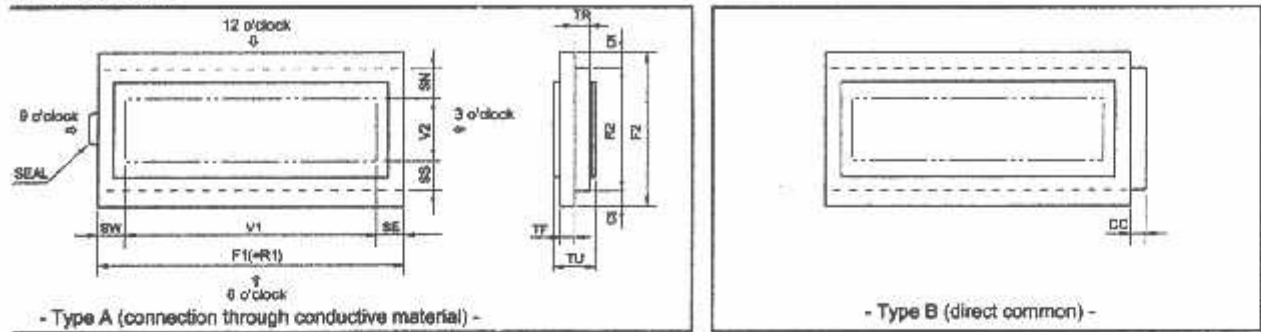
1. Company \_\_\_\_\_ 2. Application \_\_\_\_\_ 3. Customer Specified Part No. \_\_\_\_\_

4. Design \_\_\_\_\_

5. New ☐ Modified: Manufacturer \_\_\_\_\_, Part No. \_\_\_\_\_, Remarks \_\_\_\_\_

6. Equivalent: Manufacturer \_\_\_\_\_, Part No. \_\_\_\_\_, Remarks \_\_\_\_\_

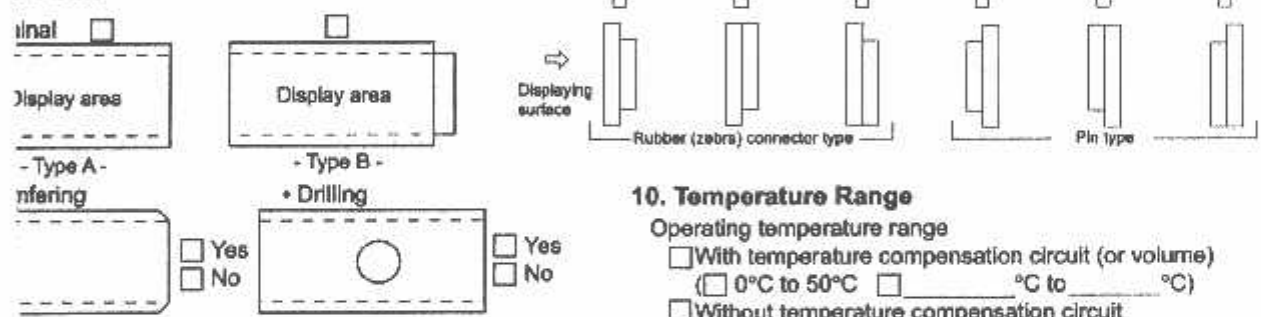
General Dimensions



Horizontal length of upper glass \_\_\_\_\_ mm  
Vertical length of upper glass \_\_\_\_\_ mm  
Horizontal length of lower glass \_\_\_\_\_ the same as F1  
Vertical length of lower glass \_\_\_\_\_ mm  
Generally longer than F2 when terminals are with pin.  
T\*: Thickness of glass \_\_\_\_\_ mm  
Standard type: 1.1 mm or 0.7 mm  
Thickness of LCD \_\_\_\_\_ mm  
Type: ☐ Right ☐ Left ☐ Right or Left

V1: Horizontal length of viewing area \_\_\_\_\_ mm  
V2: Vertical length of viewing area \_\_\_\_\_ mm  
CN\*\*: Terminal length \_\_\_\_\_ mm  
CS\*\*: Terminal length \_\_\_\_\_ mm  
\*\*CN or CS=0 in case of one side terminal type.  
CC: Terminal length \_\_\_\_\_ mm  
SE, SW, SN, SS: Seal width  
(According to design or manufacturing condition:  
about 2.0 mm to 4.0 mm)

Form



Display Mode

Viewing angle: ☐ 6 o'clock ☐ 12 o'clock ☐ \_\_\_\_\_ o'clock  
☐ TN ☐ FSTN (Black and white)  
TN: (☐ Yellow green ☐ Gray ☐ Blue)  
Polarity coordinates ( \_\_\_\_\_ ≤ x ≤ \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ ≤ y ≤ \_\_\_\_\_ )  
Active type ☐ Negative type  
Reflective ☐ Transflective ☐ Transmissive  
Initial specifications:  
Response time t<sub>on</sub> \_\_\_\_\_ ms ( \_\_\_\_\_ °C) t<sub>off</sub> \_\_\_\_\_ ms ( \_\_\_\_\_ °C)  
Viewing angle \_\_\_\_\_ deg. ( \_\_\_\_\_ °C) ☐ Contrast ( \_\_\_\_\_ °C)  
Others \_\_\_\_\_

Filter

Finishing: ☐ Normal ☐ Anti-glare ☐ \_\_\_\_\_  
☐ Normal (neutral gray) ☐ Red ☐ Green  
☐ Blue ☐ \_\_\_\_\_  
Polarizer: ☐ Attached type ☐ Separate type  
Polarizer: ☐ Attached type ☐ Separate type

Driving Method

☐ Multiplexing: (1/ \_\_\_\_\_ duty, 1/ \_\_\_\_\_ bias)  
Driving voltage (V<sub>opr</sub>): \_\_\_\_\_ V  
Frequency: \_\_\_\_\_ Hz  
IC: \_\_\_\_\_ (Manufacturer \_\_\_\_\_)  
Current consumption: \_\_\_\_\_ μA

10. Temperature Range

Operating temperature range  
☐ With temperature compensation circuit (or volume)  
(☐ 0°C to 50°C ☐ \_\_\_\_\_ °C to \_\_\_\_\_ °C)  
☐ Without temperature compensation circuit  
(☐ 0°C to 50°C ☐ \_\_\_\_\_ °C to \_\_\_\_\_ °C)  
Storage temperature range  
(☐ - 20°C to 60°C ☐ \_\_\_\_\_ °C to \_\_\_\_\_ °C)

11. Terminal Connecting Method

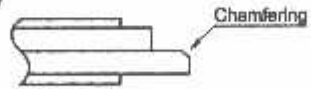
☐ Rubber connector (Zebra rubber)  
☐ Pin: ☐ DIL ☐ SIL ☐ \_\_\_\_\_  
Pitch (☐ 2.54 ☐ \_\_\_\_\_ mm) Length ( \_\_\_\_\_ mm)  
☐ Heat seal: ☐ Equipped ☐ Unnecessary

12. Others

Print (Characters, lines, masks etc.): ☐ Yes ☐ No  
Protective film:  
☐ Yes (Color: ☐ Red ☐ Translucent ☐ Transparent) ☐ No  
Chamfering (for heat-seal connector):  
☐ Yes (Position: \_\_\_\_\_)  
(Quantity: \_\_\_\_\_)  
☐ No

13. Schedule

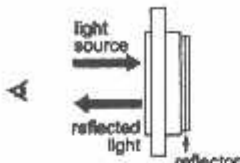
Estimate: \_\_\_\_\_  
Sample: Delivery \_\_\_\_\_, Quantity: \_\_\_\_\_ pcs  
Mass production: Target price: \_\_\_\_\_  
Delivery \_\_\_\_\_, Total quantity: \_\_\_\_\_ pcs  
Quantity per month: \_\_\_\_\_ pcs



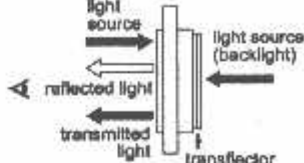
# id Crystal Display Modules

## LECTIVE/TRANSFLECTIVE/TRANSMISSIVE LCD

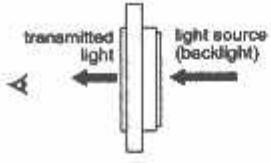
**Reflective LCD**  
Reflector bonded to the rear polarizer reflects the incoming ambient light. Low power consumption because no backlight is required.



**Transflective LCD**  
Transflector bonded to the rear polarizer reflects light from the front as well as enabling light to pass through the back. Used with backlight off in bright light and with it on in low light to reduce power consumption.

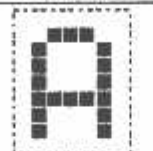


**Transmissive LCD**  
Without reflector or transflector bonded to the rear polarizer. Backlight required. Most common is transmissive negative image.




## ITIVE/NEGATIVE MODE


**Positive type**



**Negative type**



**Negative type (inverse image) (when data is inverted)**

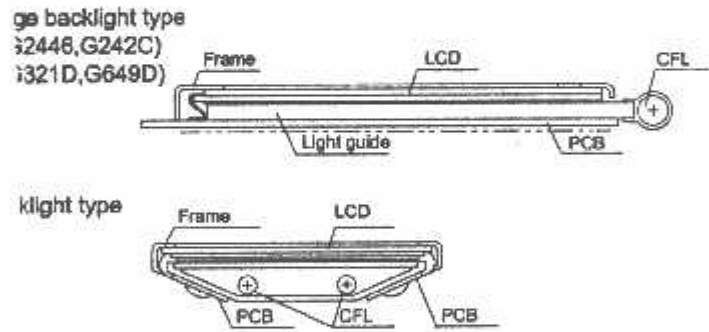


## TYPE/STN TYPE/FSTN TYPE

(Background/dot color) Gray/Black	TN (Twisted Nematic) type is most conventional and economical. It is used for static drive LCD and low-duty drive LCD (watch, calculator, etc.)
Yellowgreen/Dark blue Gray/Dark blue White/Blue	STN (Super Twisted Nematic) type has a higher twist angle, and thus provides clear visibility and wider viewing angle. This is suitable especially for high-duty drive LCD.
White/Black	FSTN (Film Super Twisted Nematic) type utilizes RCF (Retardation Control Film) to remove the coloring of STN LCD. Thus FSTN type provides easy-to-read black-and-white display.

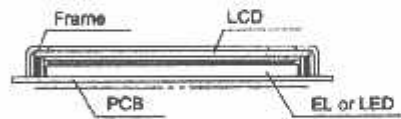
## ICTURE AND FEATURE OF LCD MODULE WITH BACKLIGHT

**(Cold Cathode Fluorescent Lamp) backlight**  
Features: high brightness, long service life, inverter required



**EL (Electroluminescent Lamp) backlight  
LED (Light Emitting Diode) backlight**

Features: EL: thin, inverter required  
LED: long service life, low voltage driving, no inverter required

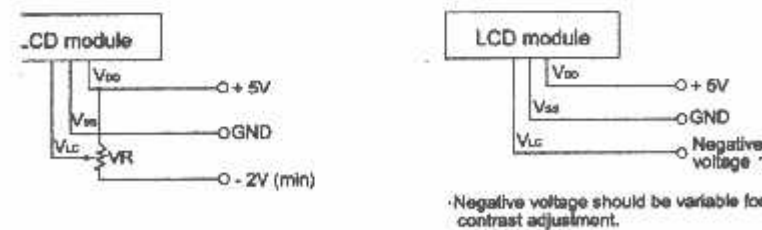


## WER SUPPLY

**Single power supply modules (single power supply)** • G2446, G242C (Built-in DC-DC conv.) • G321D, G324E and G649D



**Dual power supply modules (Dual power supply)** • Y1206 and G1226



Note 1: Contrast can be adjusted by VR.  
Note 2: For module with backlight, power supply for backlight is necessary.



# Precautions

---

## Handling Instructions

If the LCD panel is damaged, be careful not to get the liquid crystal in your mouth and not to be injured by the sharp edges of the broken glass.

If you should swallow the liquid crystal, first, wash your mouth thoroughly with water, then, drink a lot of water to induce vomiting, and then, consult a physician.

If the liquid crystal should get in your eye, flush your eye with running water for at least fifteen minutes.

If the liquid crystal touches your skin or clothes, remove it and wash the affected part of your skin or clothes with soap and running water.

The CFL backlight is driven by a high voltage with an inverter. Do not touch the connection part or the wiring pattern of the inverter.

Do not use inverters without a load or in the short-circuit mode.

Do not apply the LCD module within the rated voltage to prevent overheating and/or damage. Also, take steps to ensure that the connector does not come off.

## Handling Precautions

Since the LCD panel has glass substrate, avoid applying mechanical shock or pressure on the module. Do not drop, bend, twist or press the module.

Do not soil or damage LCD panel terminals.

Since the polarizer is made of easily-scratched material, be careful not to touch or place objects on the display surface.

Keep the display surface clean. Do not touch it with your skin.

DS LSI is used in the LCD module. Be careful of static electricity.

Do not disassemble the module or remove the liquid crystal panel or the panel frame.

Do not damage the film surface of the EL lamp; otherwise, the lamp will be damaged by humidity.

When attaching an EL lamp in an LCD module, push the EL lamp with its emitting side up, without pushing the rubber connectors too hard. If you damage them, the LCD module may not work properly.

## Mounting and Designing

To protect the polarizer and the LCD panel, cover the display surface with a transparent plate (e.g., acrylic glass) with a small gap between the transparent plate and the display surface.

Keep the module dry. Avoid condensation to prevent transparent electrodes from being damaged.

Do not apply LCD panel with AC waveform in which DC element is not included to prevent deterioration in the LCD panel.

Contrast of LCD varies depending on the ambient temperature. To offer the optimum contrast, LC drive voltage should be adjusted. LCD driven in a high duty mode must be provided with drive voltage adjustment circuit.

Use a LCD module with the specified mounting part/terminal.

• Design the equipment so that input signal is not applied to the LCD module while power supply voltage is not applied to it.

• Do not locate the CFL tube and the lamp lead wire close to a metal plate or a plated part inside the equipment. Otherwise stray capacity causes a drop in voltage, decreasing the brightness and the ability to start-up.

## Cleaning

• Do not wipe the polarizer with a dry cloth, as it may scratch the surface.

• Wipe the LCD panel gently with a soft cloth soaked with a petroleum benzene.

• Do not use ketonic solvents (ketone and acetone) or aromatic solvents (toluene and xylene), as they may damage the polarizer.

## Storing

• Store the LCD panel in a dark place, where the temperature is  $25^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$  and the relative humidity below 65%. If possible, store the LCD panel in the packaging situation when it was delivered.

• Do not store the module near organic solvents or corrosive gases.

• Keep the module (including accessories) safe from vibration, shock and pressure.

• Use an LCD module with built-in EL backlight within six months of delivery.

• EL backlight is easily affected by environmental conditions such as temperature and humidity; the quality may deteriorate if stored for an extended period of time. Contact Seiko Instruments GmbH for details.

• Some parts of the backlight and the inverter generate heat. Take care so that the heat does not affect the liquid crystal or any other parts.

• Dust particles attached to the surface of the LCD or the surface of the backlight degrade the display quality. Be careful to keep dust out in designing the structure as well as in handling the module.

• Black or white air-bubbles may be produced if the LCD panel is stored for long time in the lower temperature or mechanical shocks are applied onto the LCD panel.

## On This Brochure

• Seiko Instruments GmbH reserves the right to make changes without notice to the specifications and materials contained herein.

• The colors of the products reproduced herein may be different from the actual colors. Check color on actual products before using the product.

• The information contained herein shall not be reproduced in whole or in part without the express written consent of Seiko Instruments GmbH.

• The products described herein are designed for consumer equipment and cannot be used as part of any device or equipment which influences the human body or requires a significantly high reliability, such as physical exercise equipment, medical equipment, disaster prevention equipment, gas related equipment, vehicles, aircraft and equipment mounted on vehicles.

otes :

---



---

---